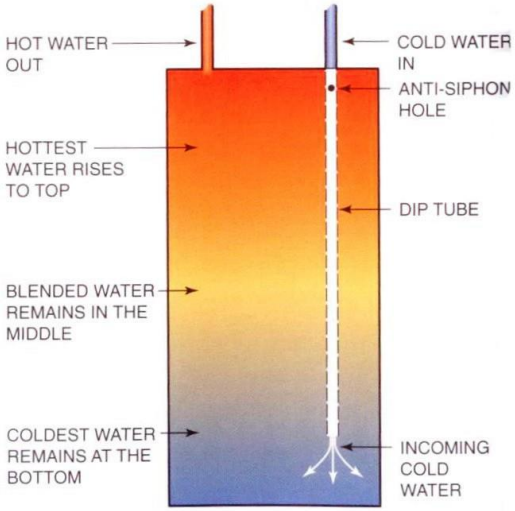
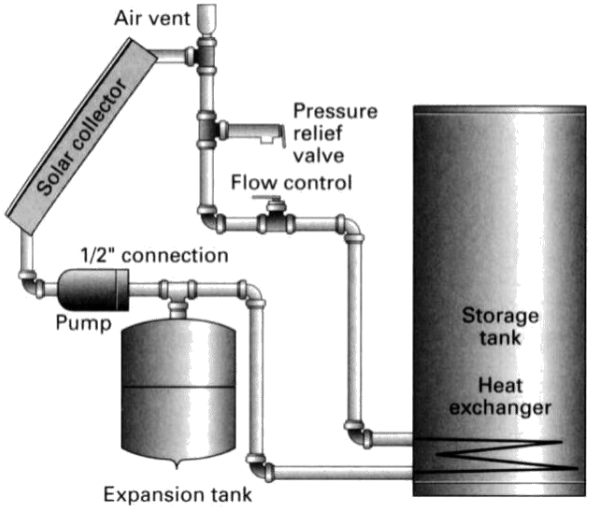
أنظمة تزويد الأبنية بالمياه الساخنة

د.م.محمد بشار المفتي

شبكات المياه الساخنة

- تسخن المياه في سخان
  - لدرجة حرارة لاتتجاوز 85°C لأغراض التدفئة
    - لاتزيد عن 90°C بحال من الأحوال
  - إلى حدود 60°C من أجل الاستخدامات البشرية
    - حتى لاتسبب الاحتراق
- توزع بشبكة أنابيب على التجهيزات الصحية المختلفة

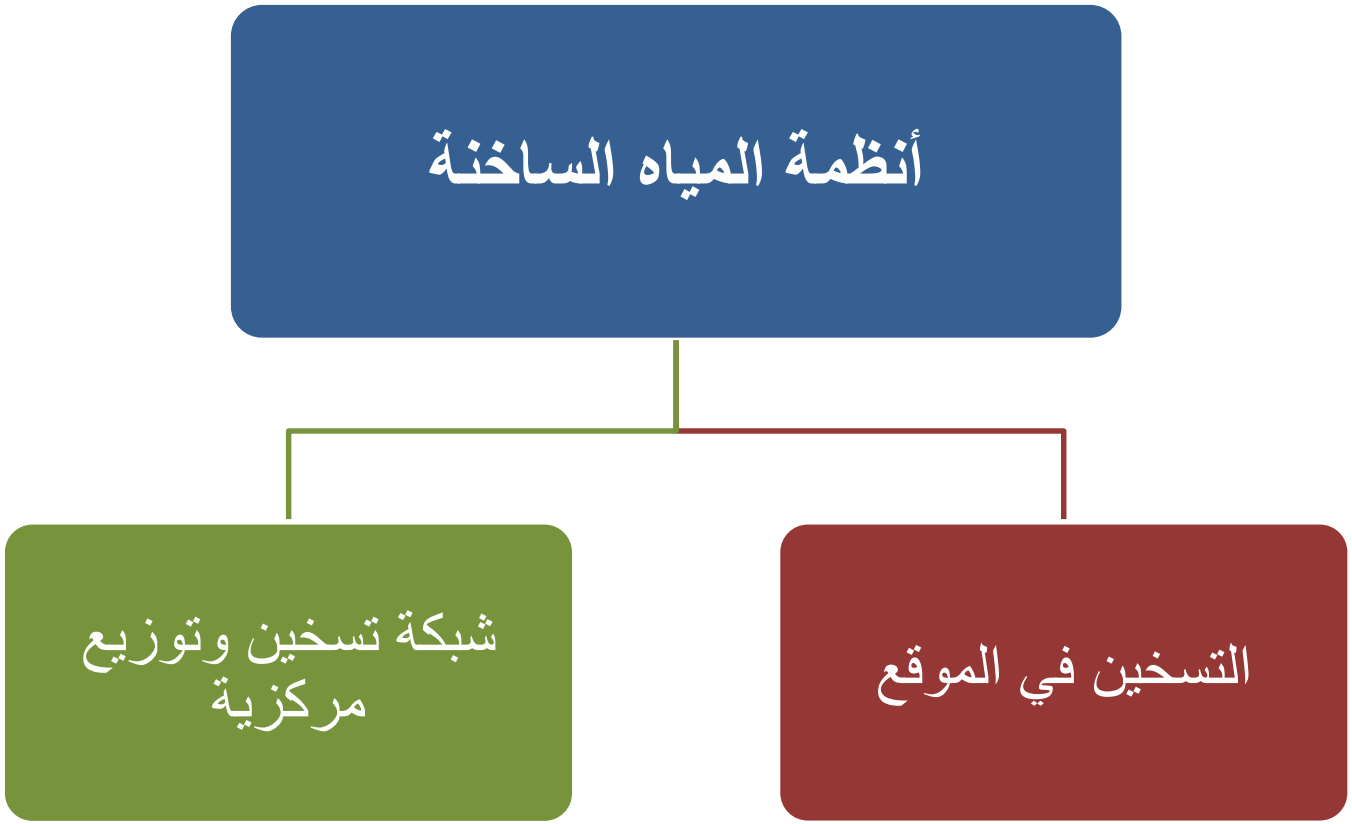




- يتم في شبكات المياه الساخنة للاستخدام البشري تسخين المياه إلى درجة حرارة 60°C

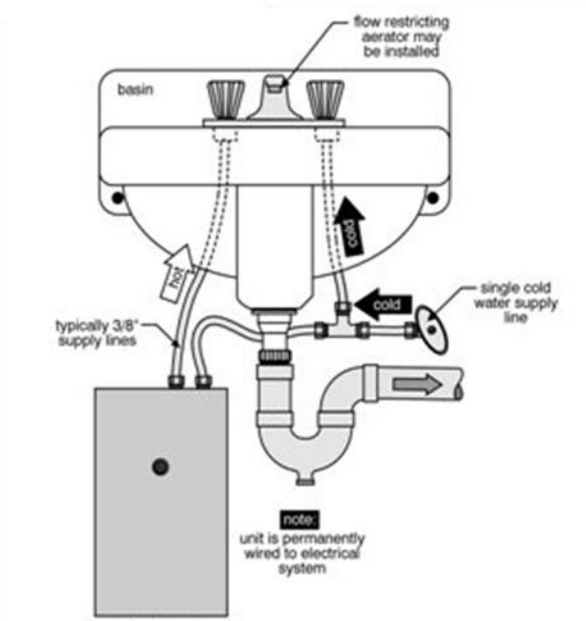
– استخدام حرارة أعلى:
  - يمكن أن يسبب حروقاً للمستخدم
  - ازدياد احتمال تراكم الرواسب الكلسية ضمن السخان
– استخدام حرارة أخفض يؤدي إلى:
  - نمو بكتريا Legionella bacteria التي تناسبها هذه الحرارة والتي يمكن أن تسبب التهاباً رئوياً خطيراً

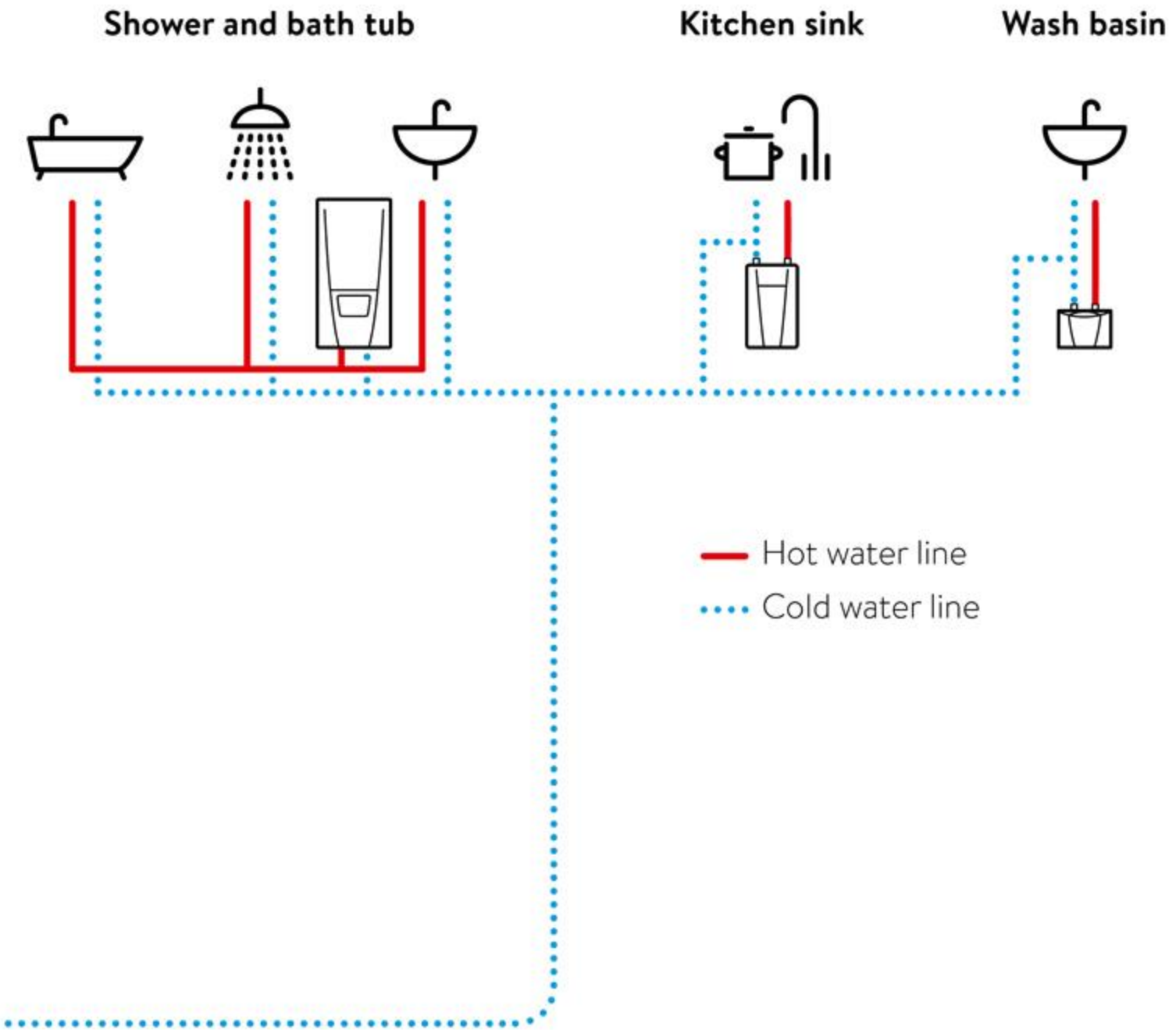
تراكم الرواسب الكلسية ضمن السخان


أنظمة المياه الساخنة
شبكة تسخين وتوزيع مركزية
التسخين في الموقع

التسخين في الموقع

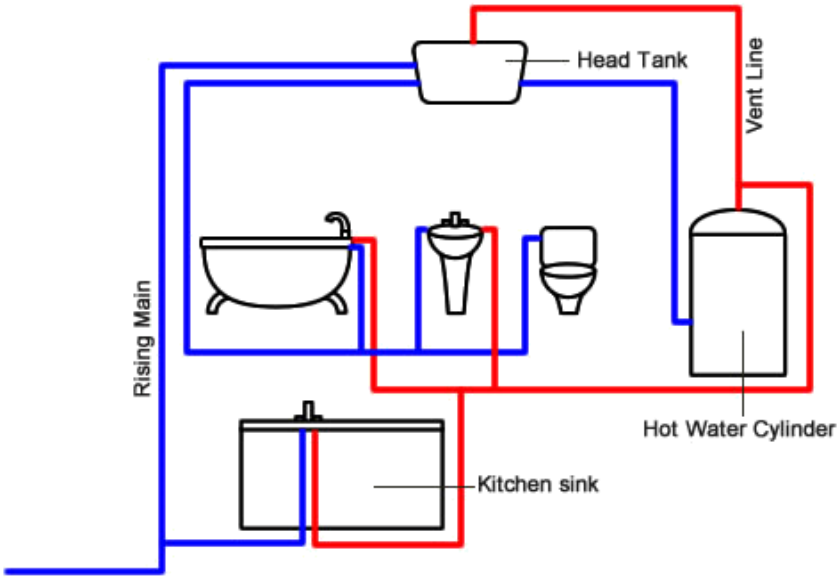
- يركب سخان المياه في موقع الاستخدام مباشرة
- الاستخدام:
  - كمية المياه المستهلكة صغيرة
- مشاكل النظام:
  - يتسبب زيادة طول الشبكة بين السخان والأجهزة الصحية بانتظار وقت طويل غير مبرر حتى وصول المياه الساخنة إلى الجهاز الصحي
- مثال: تركيب سخان مياه لتغذية جهاز واحد (مغسلة أو مجلى مثلاً) أو غرفة خدمات صحية (المطبخ أو الحمام)

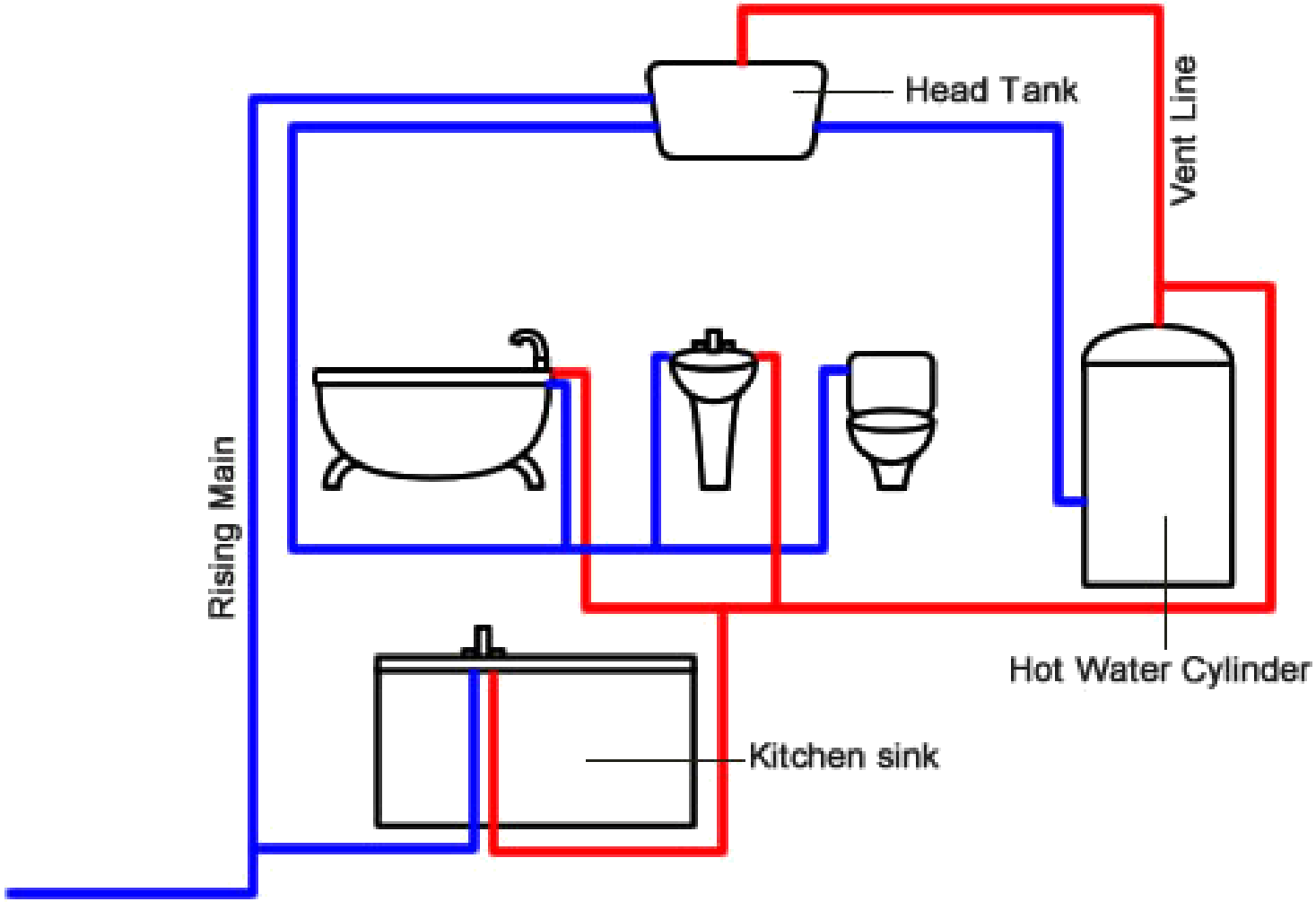


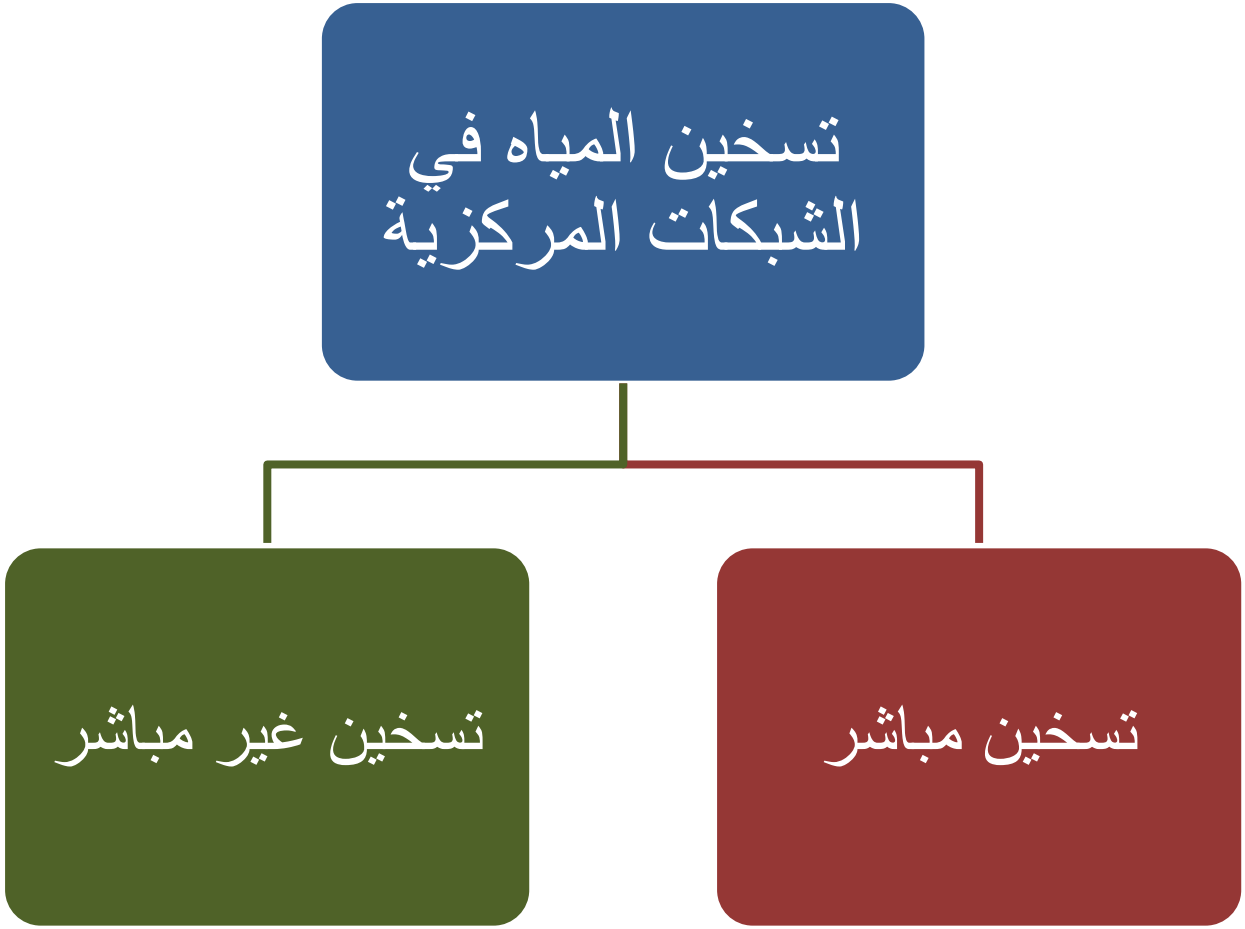

Shower and bath tub
Kitchen sink
Wash basin
Hot water line
Cold water line

شبكة تسخين وتوزيع مركزية

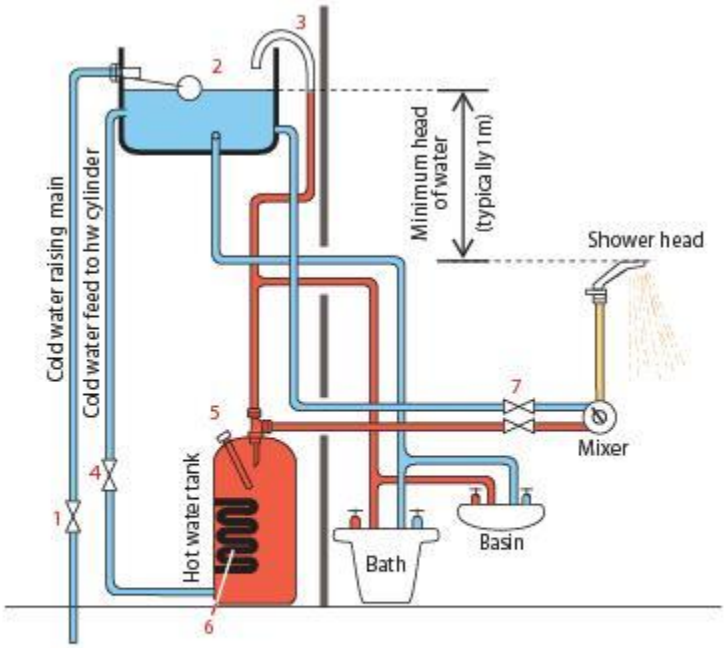
- يتم تسخين المياه (وربما تخزين المياه الساخنة) في سخان مركزي لتغذية الشقة أوالمبنى كاملاً
- توزع المياه الساخنة على مختلف الأجهزة الصحية عبر شبكة توزيع مركزية




Head Tank
Vent Line
Rising Main
Hot Water Cylinder
Kitchen sink

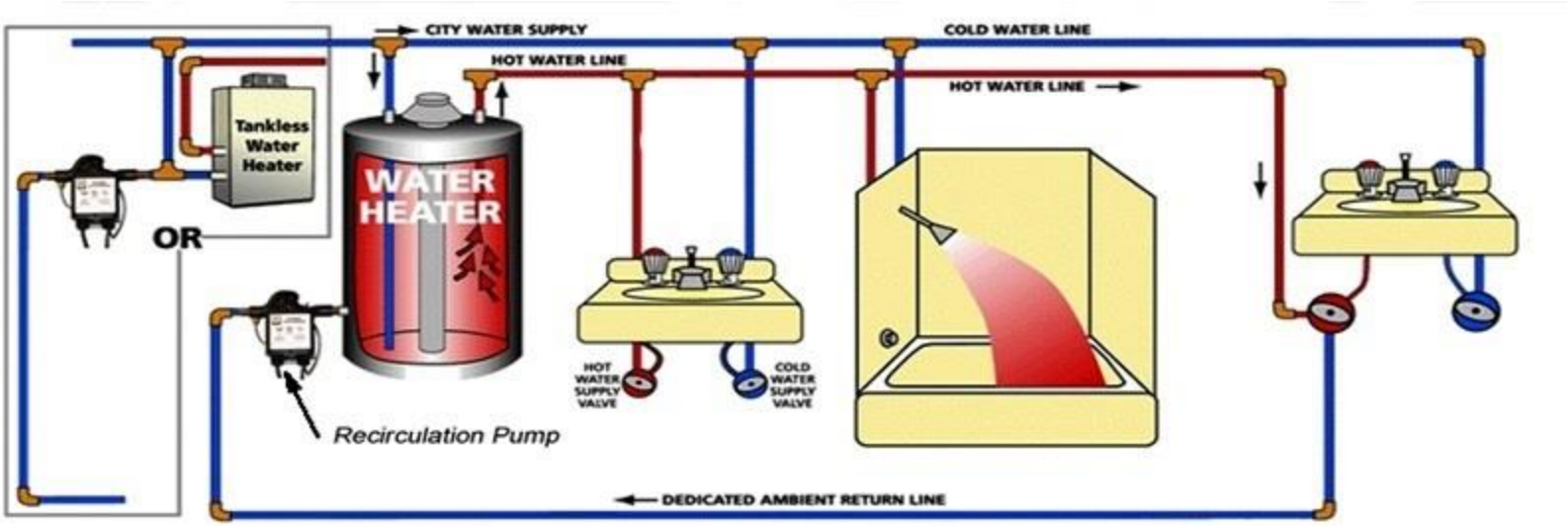

تسخين المياه في الشبكات المركزية
تسخين مباشر
تسخين غير مباشر

التسخين المباشر



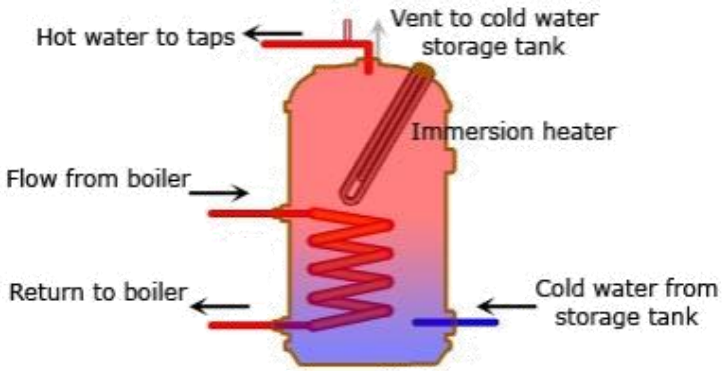
1 Mains stopcock
2 Cold water tank
3 Vent and expansion pipe
4 Cold water feed gate valve
5 Electric imersion heater
6 Heating coil from boiler
7 Shower isolating valves

- يتم تسخين المياه في سخان مركزي مخصص لتسخين مياه الاستخدام
- توزع المياه منه مباشرة على شبكة توزيع المياه الساخنة
- تغذي الشبكة عدداً من التجهيزات الصحية
- يستخدم عادة لتغذية شقة واحدة بالمياه الساخنة

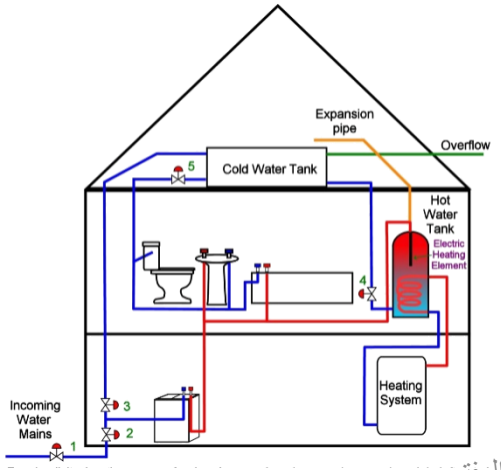

CITY WATER SUPPLY
COLD WATER LINE
HOT WATER LINE
HOT WATER LINE
Tankless Water Heater
OR
WATER HEATER
HOT WATER SUPPLY VALVE
COLD WATER SUPPLY VALVE
Recirculation Pump
DEDICATED AMBIENT RETURN LINE

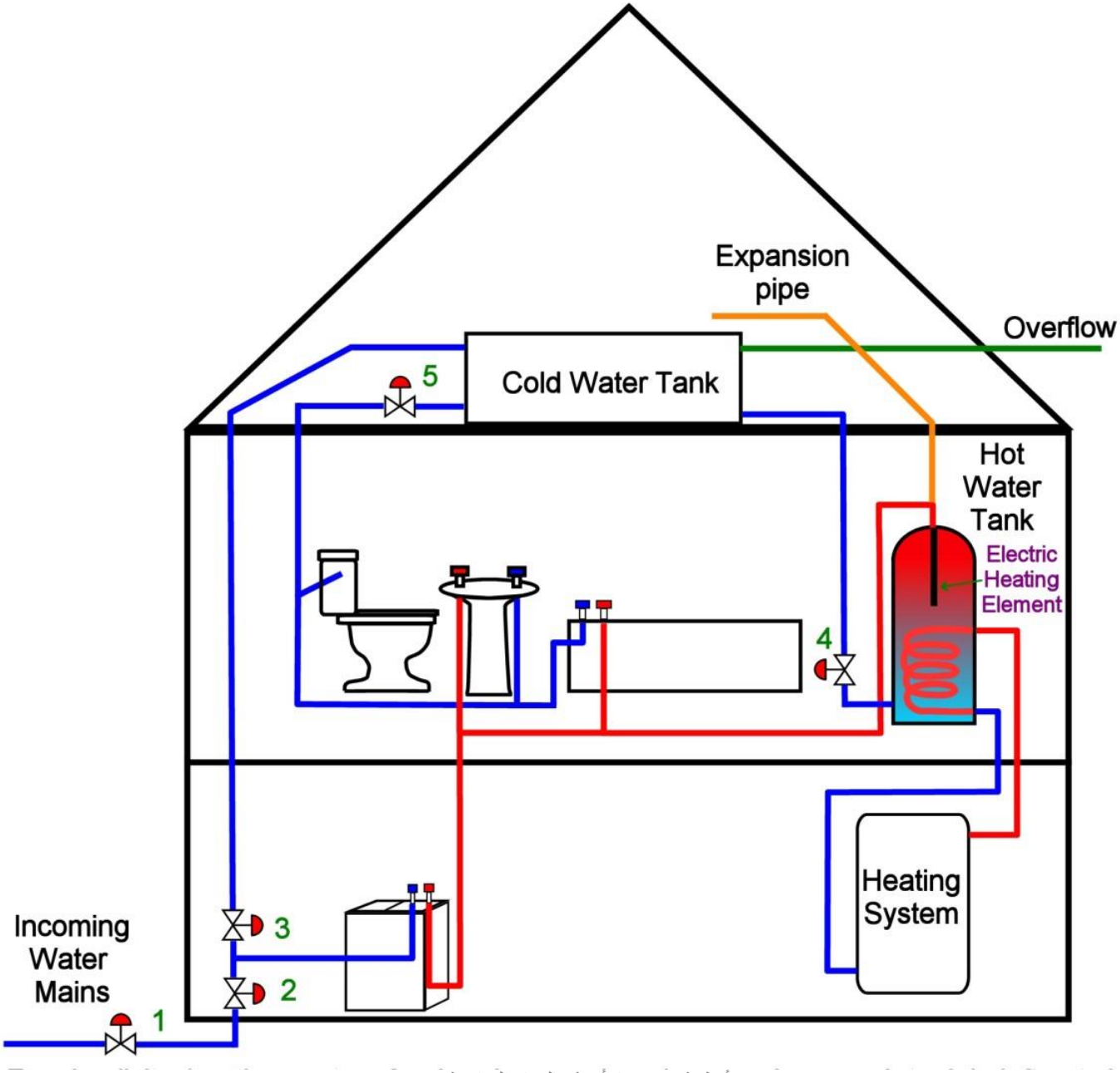
التسخين غير المباشر

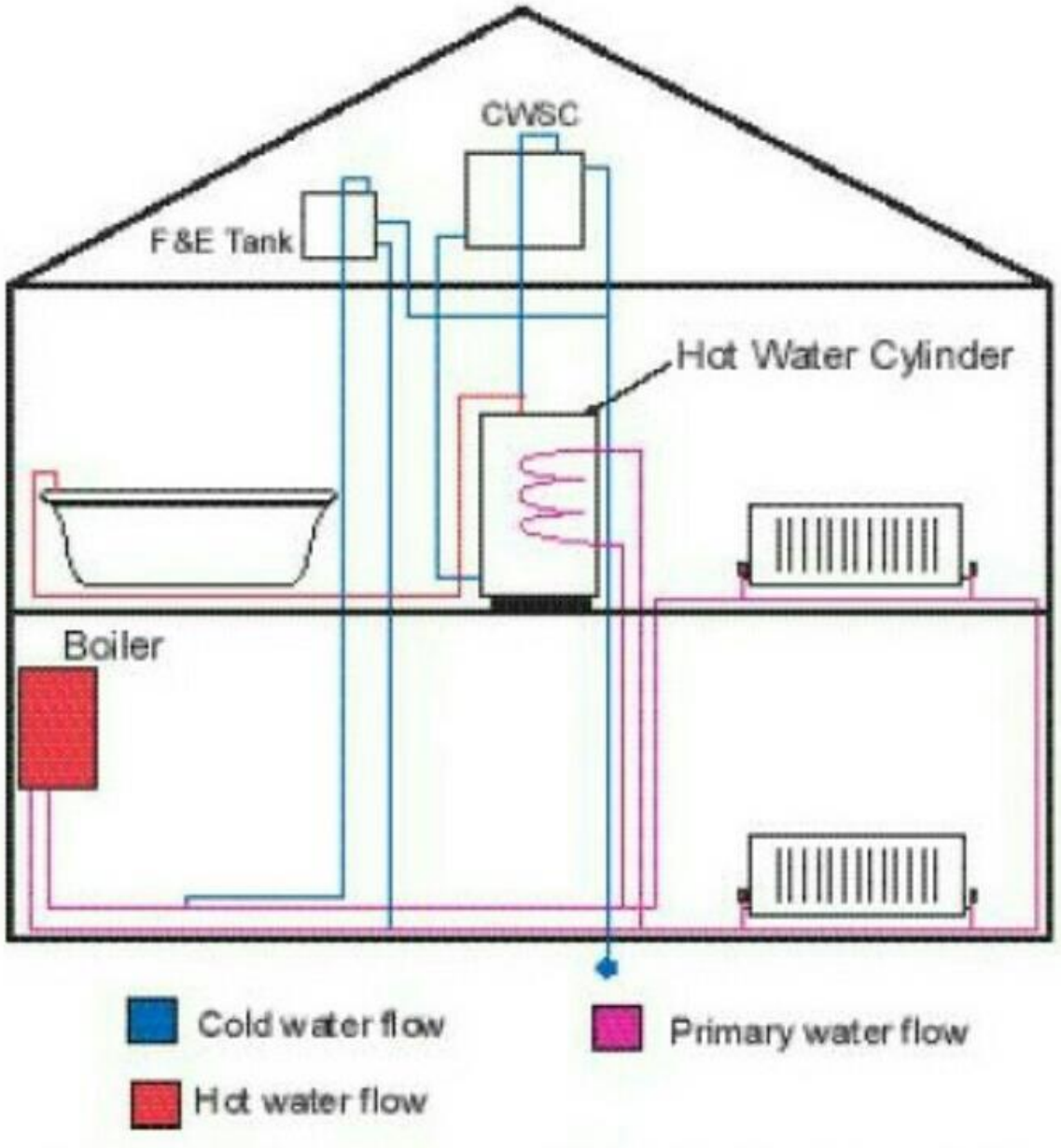
- تسخن المياه في سخان مركزي مخصص عادة لأغراض التدفئة المركزية (ويمكن أن يكون مخصصاً لتسخين مياه الاستخدام)
- تمر المياه الناتجة عن السخان المركزي عبر مبادل حراري (أنبوب ملفوف بشكل حلزوني) ضمن خزان المياه الساخنة (قنينة المياه الساخنة) حيث تقوم بتسخين مياه الاستخدام ضمن الخزان
  - يمكن أن يحوي خزان المياه الساخنة على وشيعة تسخين كهربائية

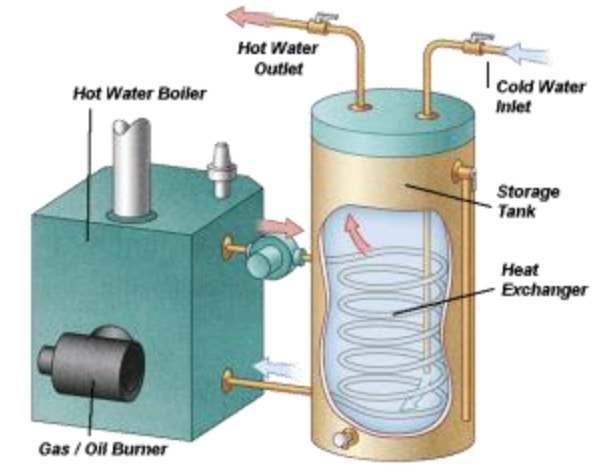


خزان المياه الساخنة

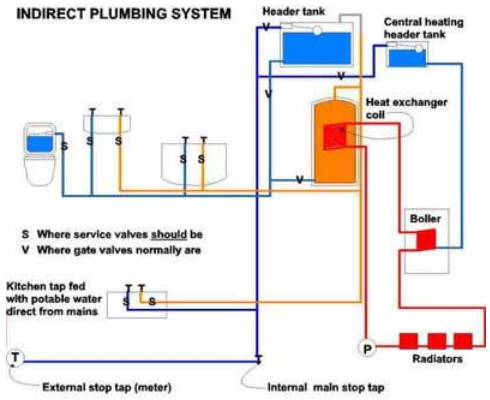



Expansion pipe
Overflow
Cold Water Tank
5
Hot Water Tank
Electric Heating Element
4
Heating System
Incoming Water Mains
3
2
1


CWSC
F&E Tank
Hot Water Cylinder
Boiler
Cold water flow
Primary water flow
Hot water flow



- تـوزع الميـاه الناتجـة عـن خـزان الميـاه السـاخنة علـى الأجهـزة الصـحية حيـث يـتم استهلاكها من قبل السكان
- يمكن أن يتوضع خزان المياه الساخنة (قنينة المياه الساخنة) قرب السخان المركزي أو قـرب منطقـة اسـتخدام الميـاه (علـى سـقيفة الحمام أو المطبخ مثلاً)
- يستخدم في المباني الكبيرة
- النظـام الأكثـر انتشـاراً لتغذيـة مبنـى كامـل بالمياه
  - يمكـن أن يـزود كـل طـابق أو شـقة أو غرفـة خدمات صحية بخزان مياه ساخنة مستقل



- عمل النظام:

– يتألف النظام من دارتي مياه مستقلتين

- **دارة التسخين**

– تدخل المياه الناتجة عن السخان المركزي في خزان المياه الساخنة ضمن مبادل حراري (أنبوب ملفوف بشكل حلزون) يقوم بتسخين المياه ضمن الخزان (المياه التي سيتم توزيعها على الأجهزة الصحية)

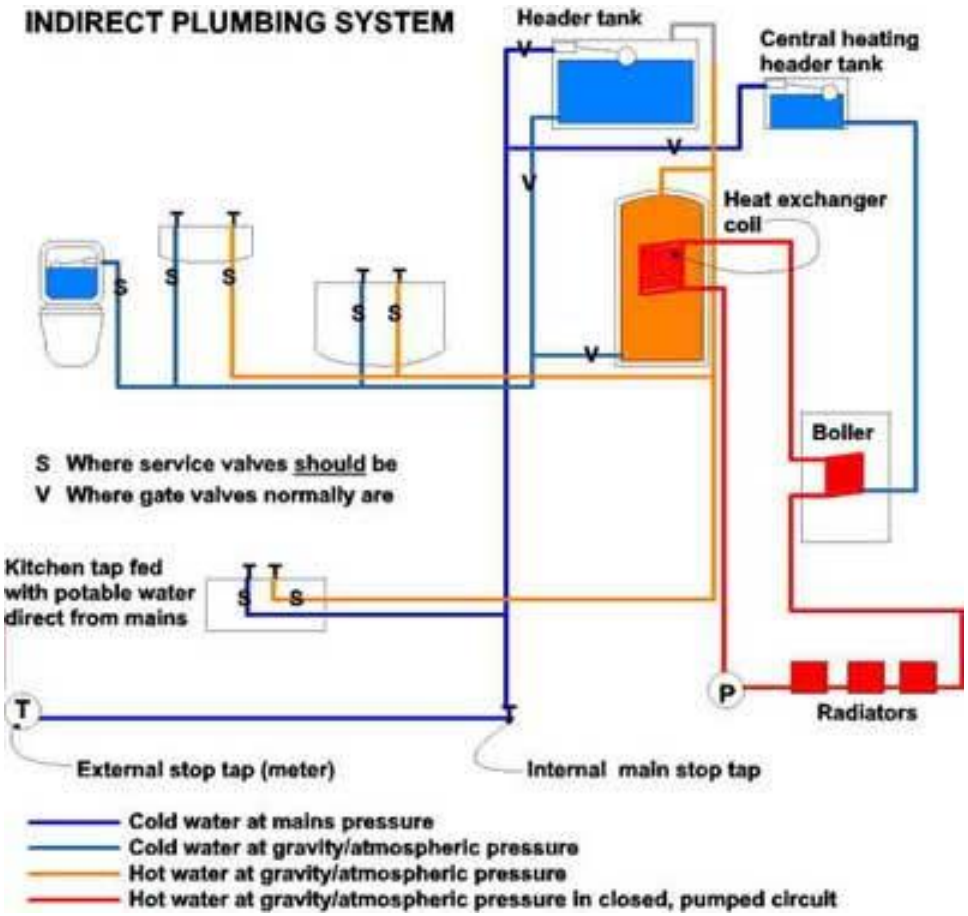
– تعاد مياه المبادل الحراري إلى السخان عبر خط راجع لإعادة تسخينها

– هذه الدارة مغلقة ولاتتجدد مياهها

– يتم تغذيتها بالمياه الباردة عن طريق خزان تمدد مستقل عن خزان تغذية المبنى بالمياه الباردة

– هناك فاقد بالتبخر يتم تعويضه من خزان التمدد المتصل بشبكة المياه الباردة (خزان تغذية المبنى)

دارة تسخين وتوزيع
مياه الاستخدام



دارة التسخين

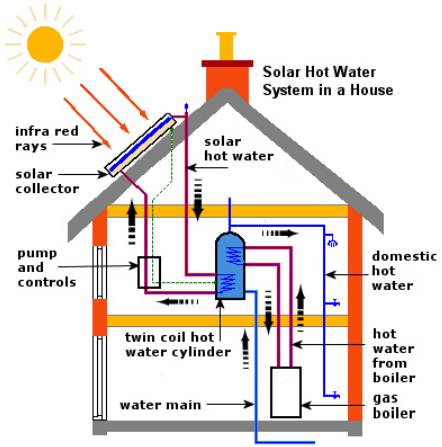
نظام التوزيع غير المباشر

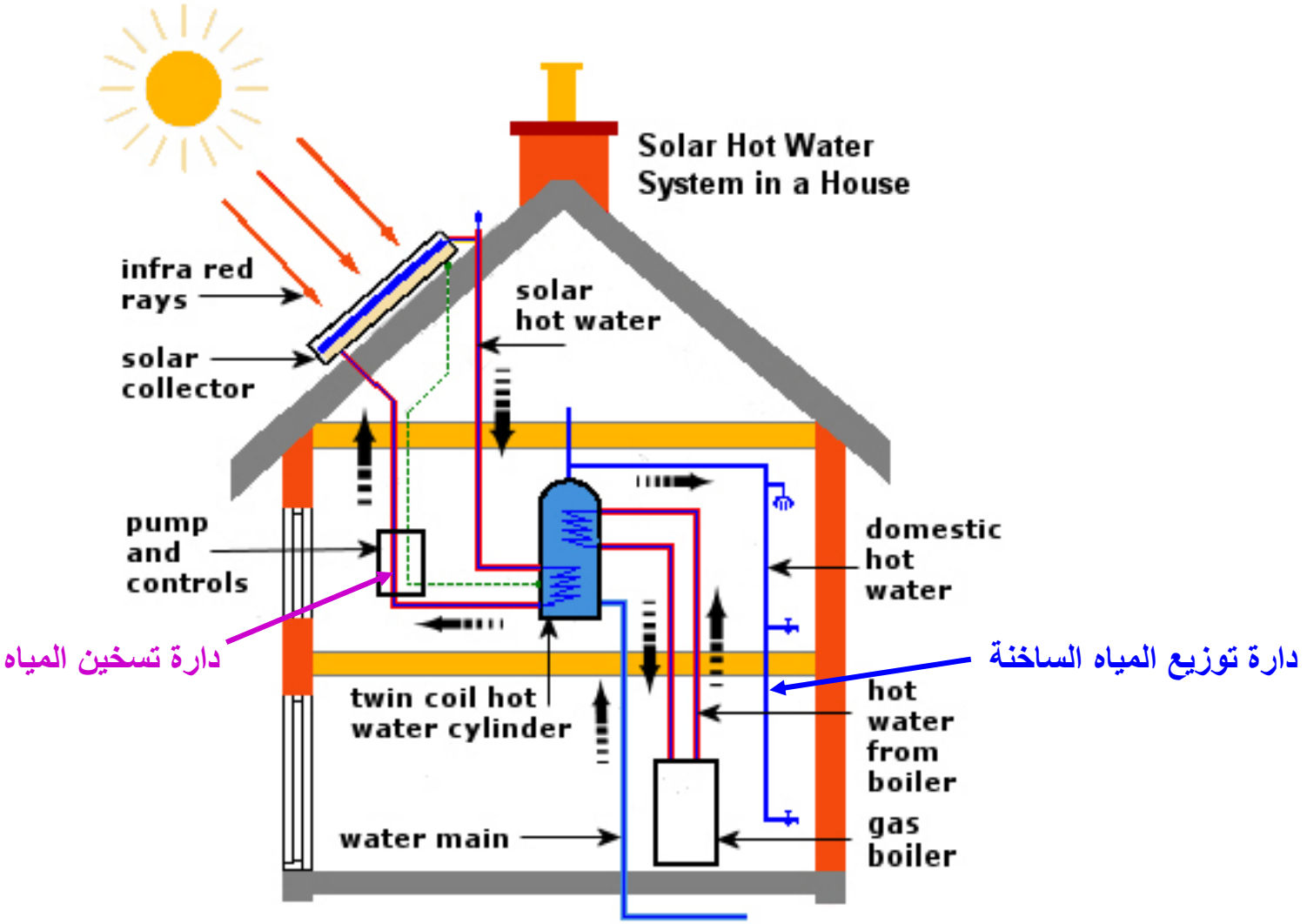
- **دارة تسخين وتوزيع مياه الاستخدام**

– توزع المياه التي تم تسخينها ضمن خزان المياه الساخنة عبر شبكة توزيع على الأجهزة الصحية المختلفة

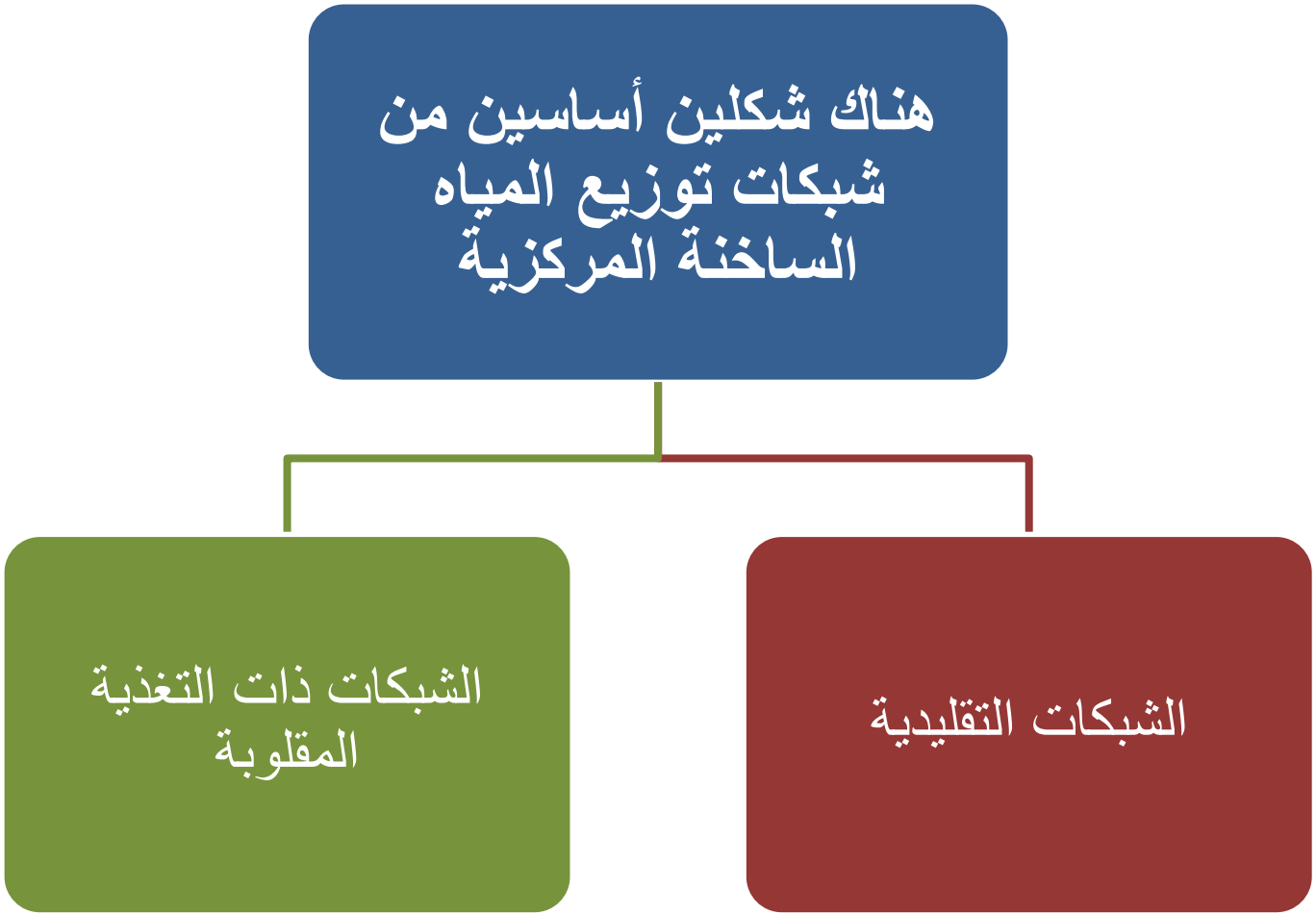
– يتم تغذية هذه الدارة بالمياه مباشرة من خزان تغذية المبنى بالمياه الباردة

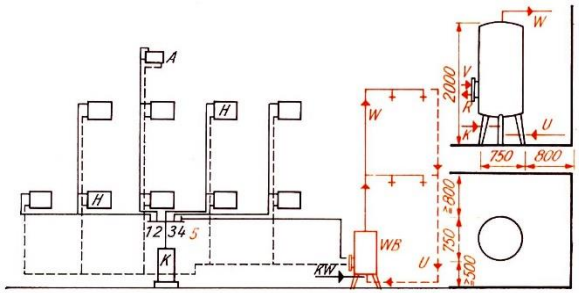
– الدارة مفتوحة وتتجدد مياهها باستمرار لأنها تستهلك من قبل السكان





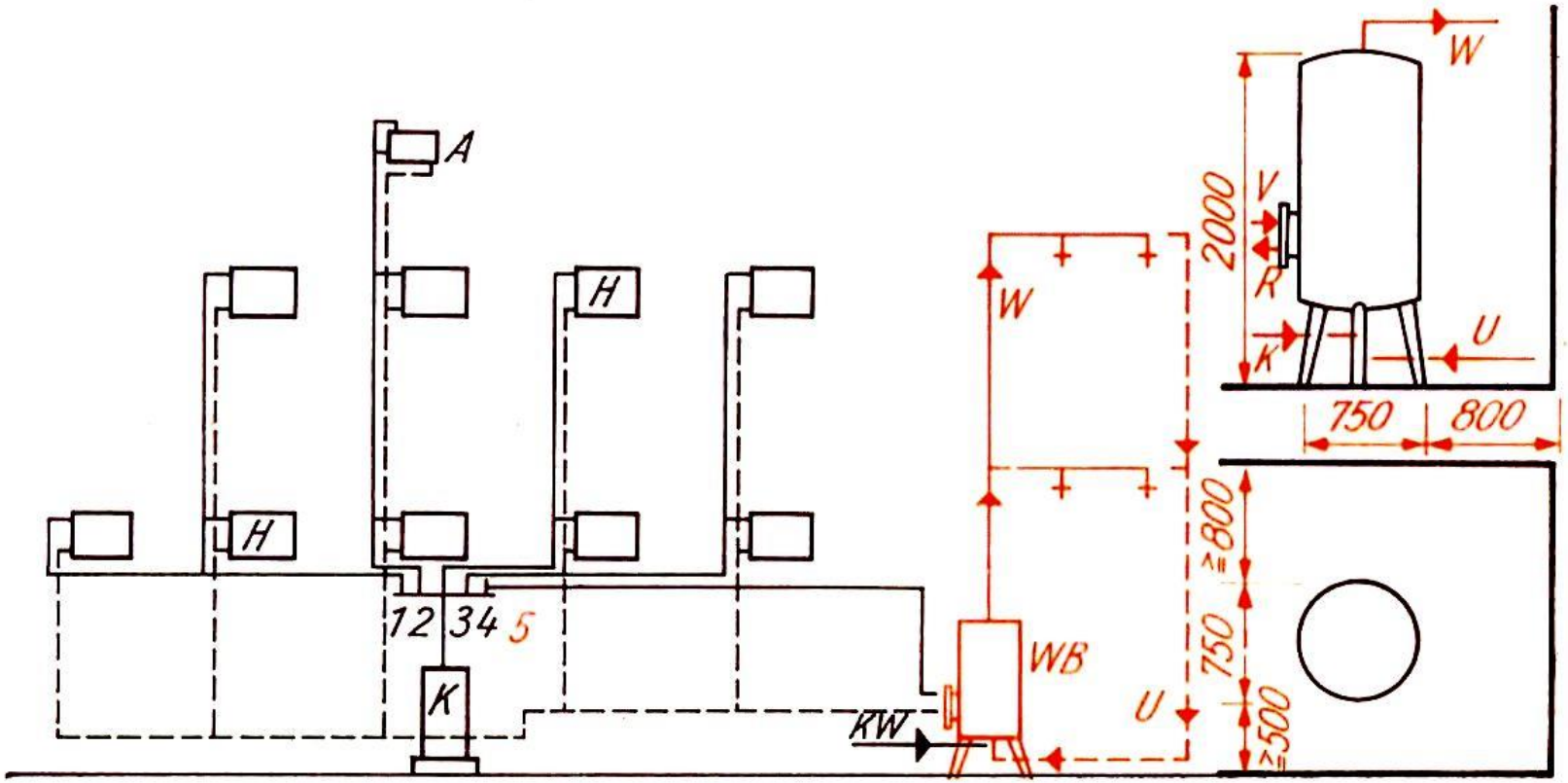
نظام توزيع غير مباشر مع استخدام الطاقة الشمسية (دارة ثنائية)


هناك شكلين أساسين من شبكات توزيع المياه الساخنة المركزية
الشبكات التقليدية
الشبكات ذات التغذية المقلوبة



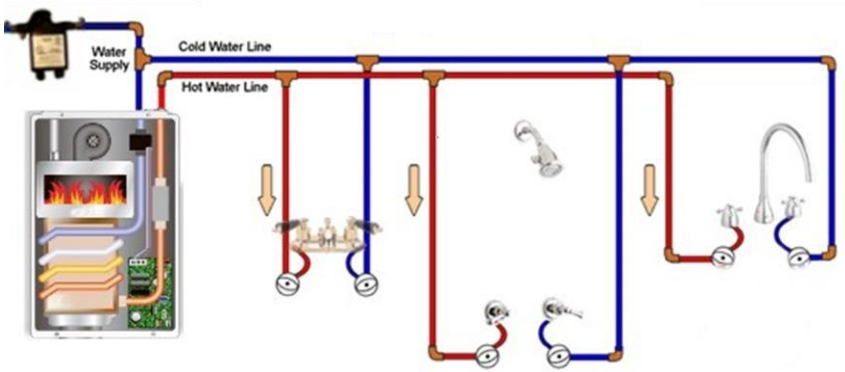
الشبكات التقليدية

- يتوضع منبع الماء الساخن في قبو المبنى
  - أسفل شبكة التوزيع
- يعتمد عملها على الثقالة الأرضية
  - المياه الساخنة أقل كثافة تصعد نحو الأعلى
    - **تدخل المياه ضمن شبكة التوزيع**
- لها عدة أشكال من أهمها
  - الشبكة البسيطة دون خط راجع
  - الشبكة مع خط راجع

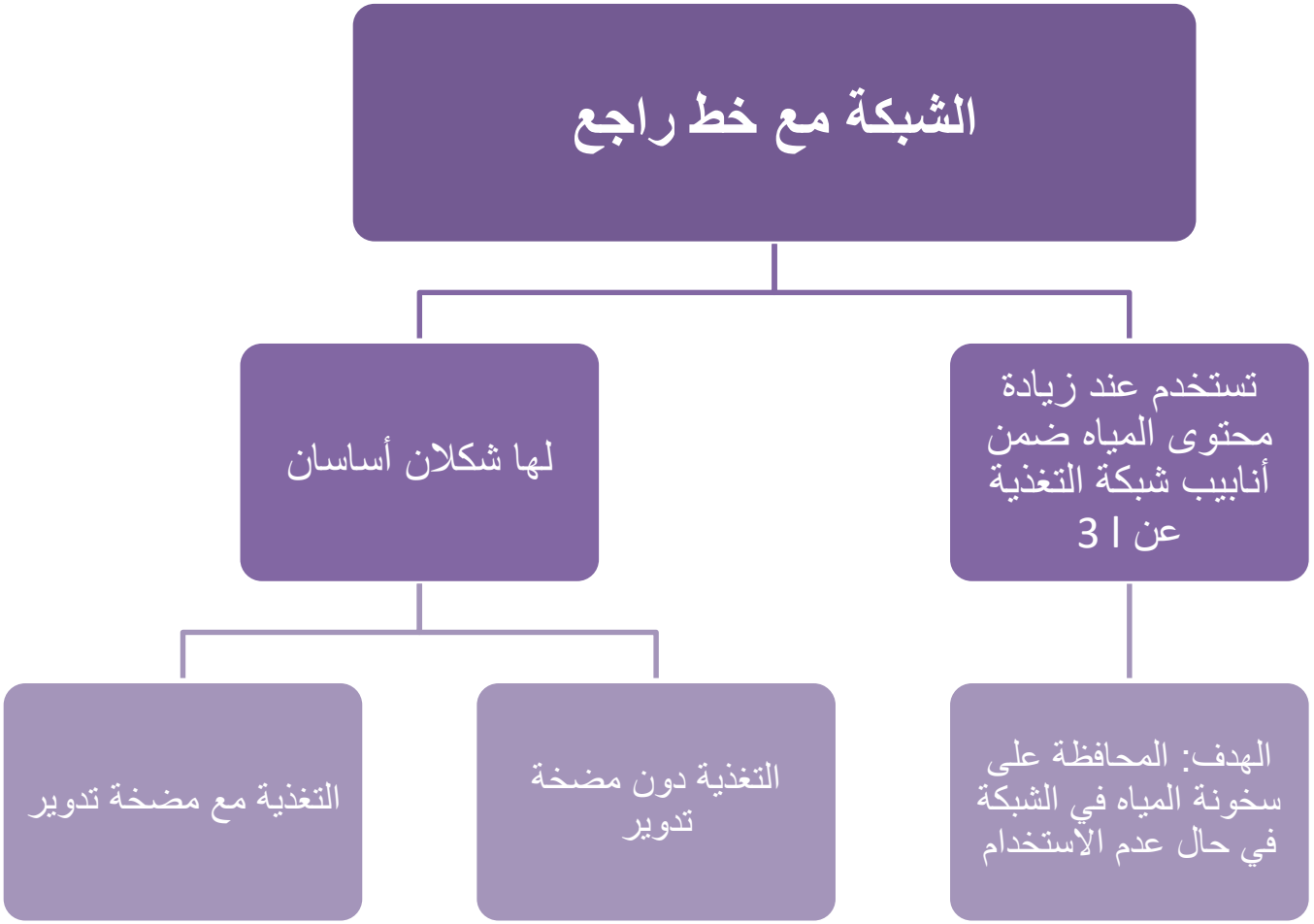


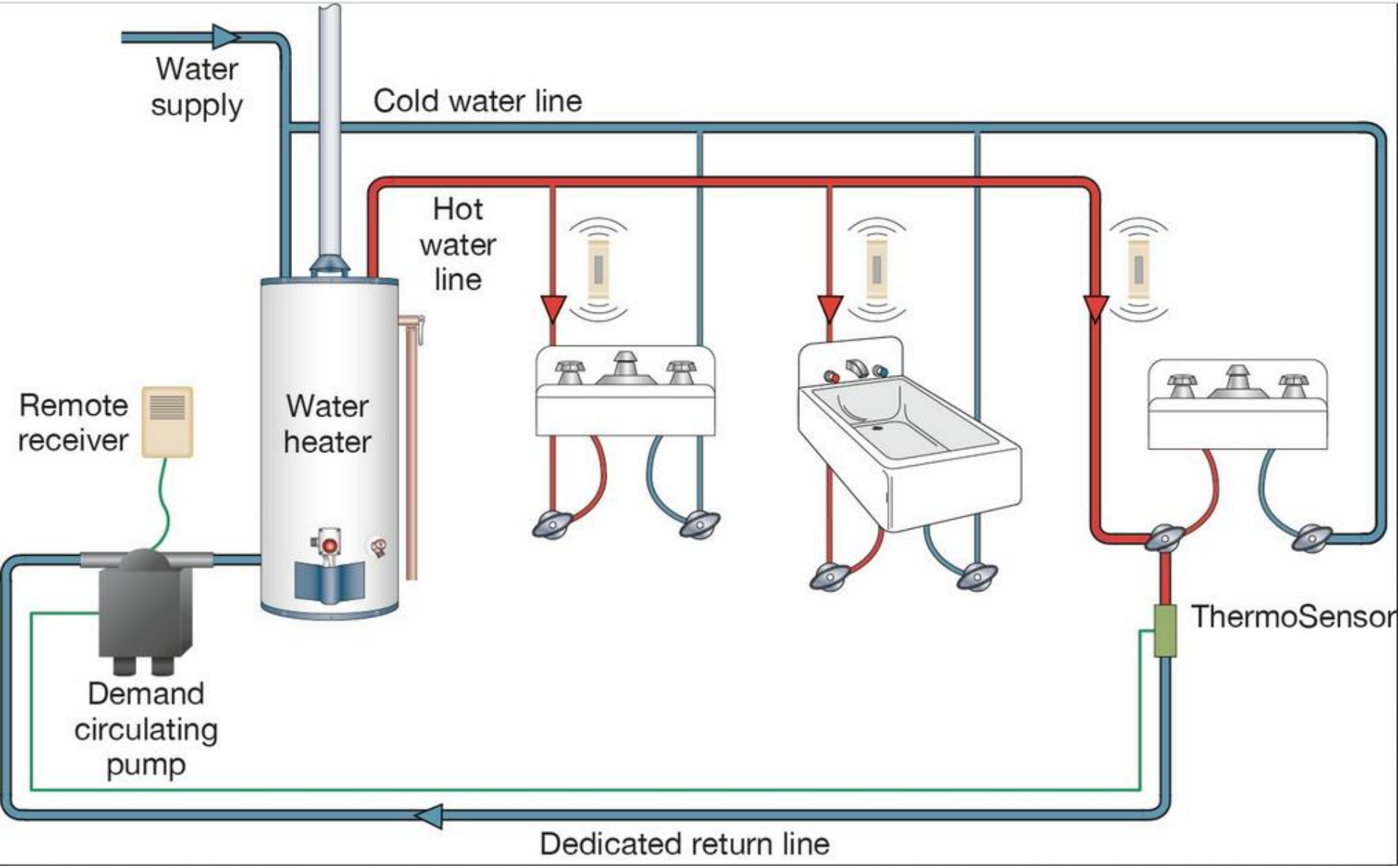
شبكة توزيع تقليدية

الشبكة البسيطة دون خط راجع



- يتم تغذية الأجهزة الصحية من سخان المياه مباشرة
- تستخدم في الشبكات الصغيرة
- تبرد المياه ضمن الشبكة إذا لم تستخدم المياه لفترة طويلة
  - قد يضطر المستخدم لسكب كمية من المياه حتى وصول المياه الساخنة إليه


الشبكة مع خط راجع
تستخدم عند زيادة محتوى المياه ضمن أنابيب شبكة التغذية عن l 3
لها شكلان أساسان
الهدف: المحافظة على سخونة المياه في الشبكة في حال عدم الاستخدام
التغذية دون مضخة تدوير
التغذية مع مضخة تدوير


Water supply
Cold water line
Hot water line
Remote receiver
Water heater
ThermoSensor
Demand circulating pump
Dedicated return line

التغذية دون مضخة تدوير

تستخدم الثقالة الأرضية لتشغيل الشبكة
(التغلب على الفواقد الهيدروليكية)

تتجدد المياه باستمرار ضمن الشبكة

تستخدم في الشبكات الصغيرة

يوجد شكلان لهذا النوع من الشبكات

المياه الساخنة أقل كثافة تصعد نحو الأعلى

المياه الباردة أعلى كثافة تهبط نحو الأسفل

يحصل المستخدم على مياه ساخنة بمجرد فتح حنفية المياه الساخنة

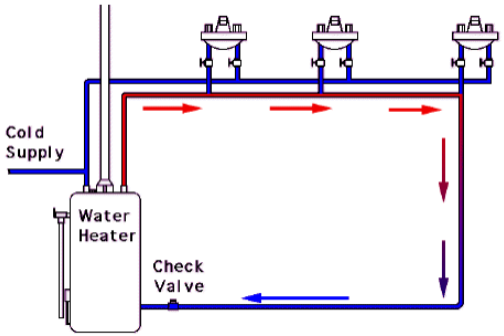
يمكن استخدامها في المنازل (الشقق الكبيرة)

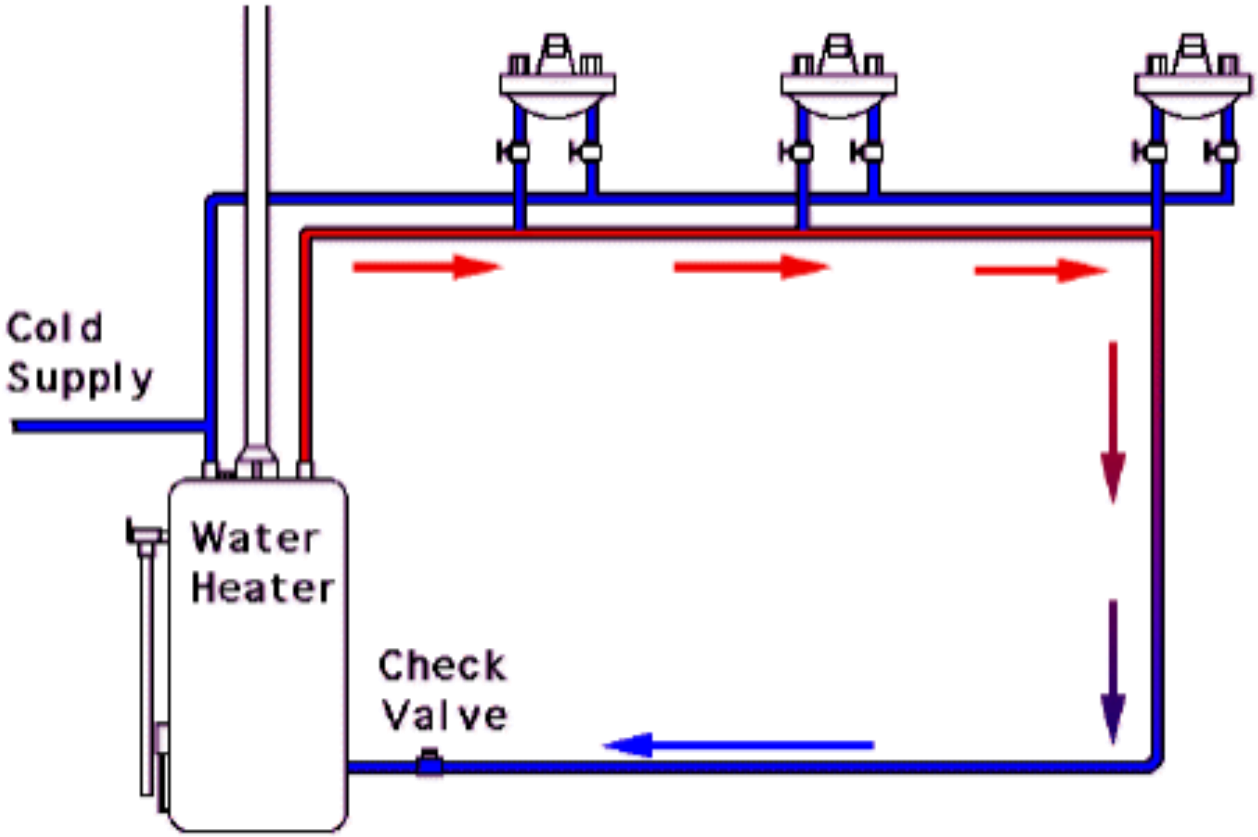
التغذية السفلية

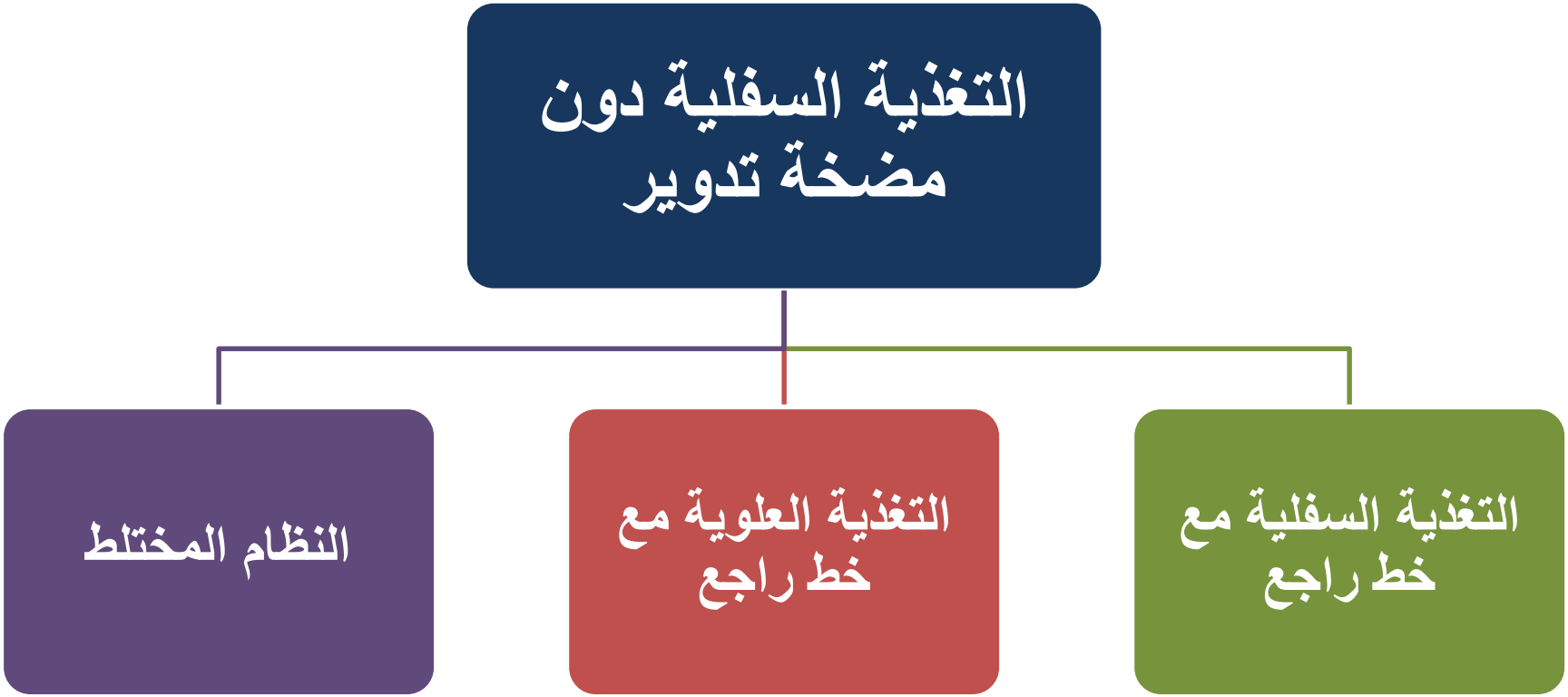
التغذية العلوية

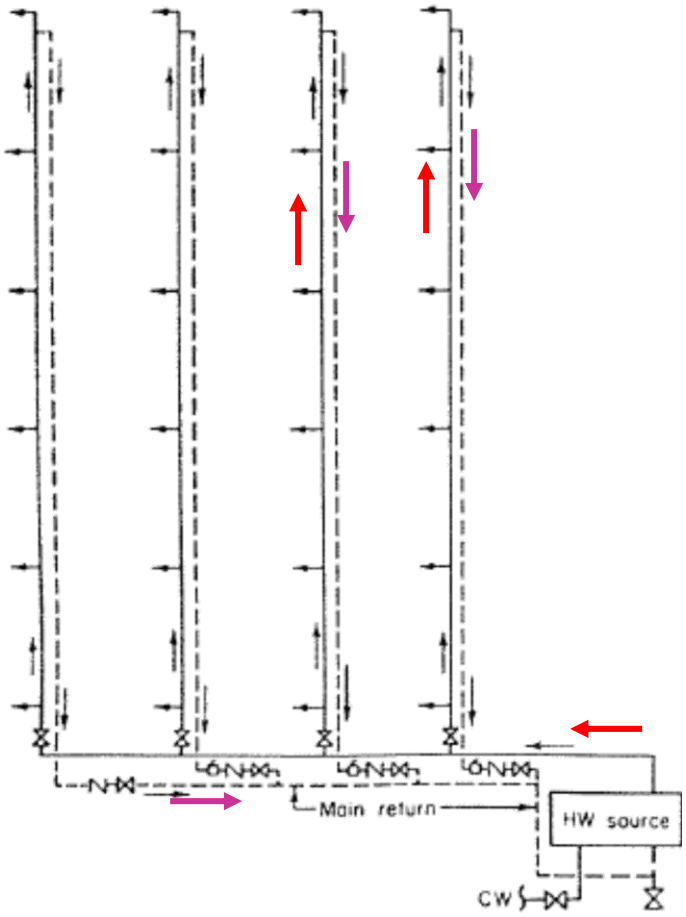
تدخل المياه ضمن شبكة التوزيع

تعود المياه ضمن خط الراجع إلى السخان



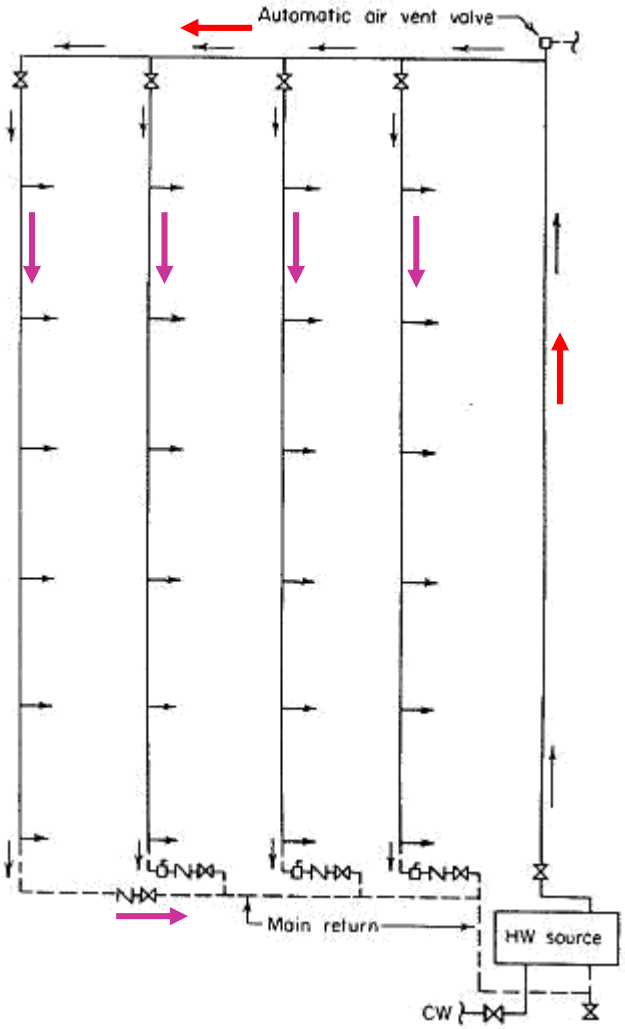

Cold
Supply
Water
Heater
Check
Valve


التغذية السفلية دون مضخة تدوير
التغذية السفلية مع خط راجع
التغذية العلوية مع خط راجع
النظام المختلط



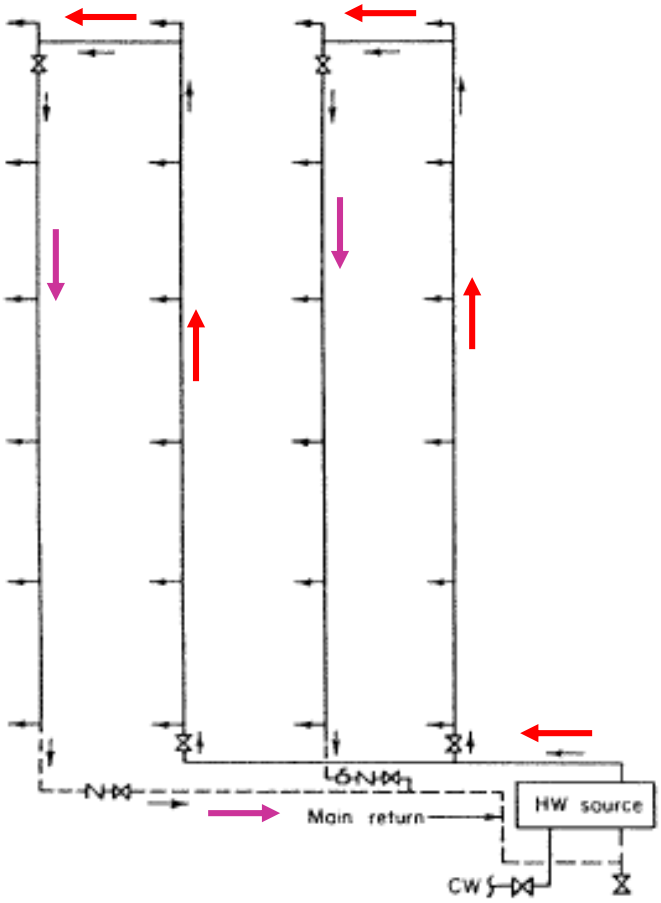
التغذية السفلية مع خط راجع دون مضخة تدوير

- تتم تغذية الأجهزة الصحية عن طريق صواعد تغذية
- لكل صاعد تغذية أنبوب راجع
- يستخدم عند توفر مكان كاف لإمرار عدد من الأنابيب الراجعة
- الفروقات الحرارية محدودة



التغذية العلوية مع خط راجع دون مضخة تدوير

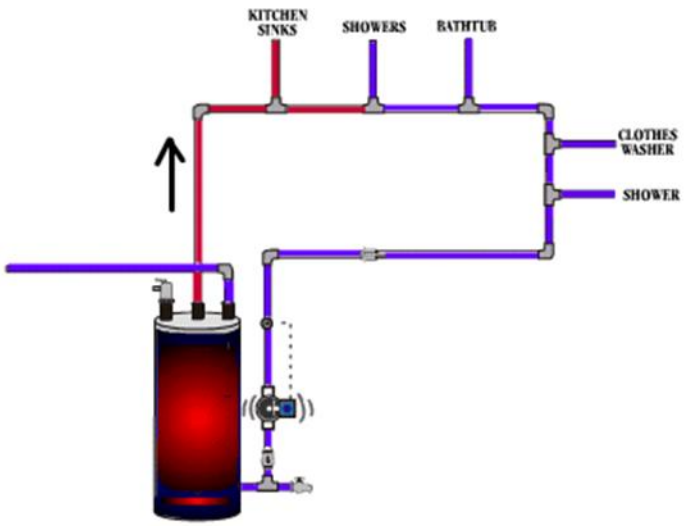
- هناك صاعد مياه ساخنة واحد لاتوزع منه المياه
- تتم تغذية الأجهزة الصحية عن طريق أنابيب المياه الراجعة
- يستخدم عند عدم توفر المكان الكافي لإمرار عدد من الأنابيب الراجعة
- الفروقات الحرارية كبيرة

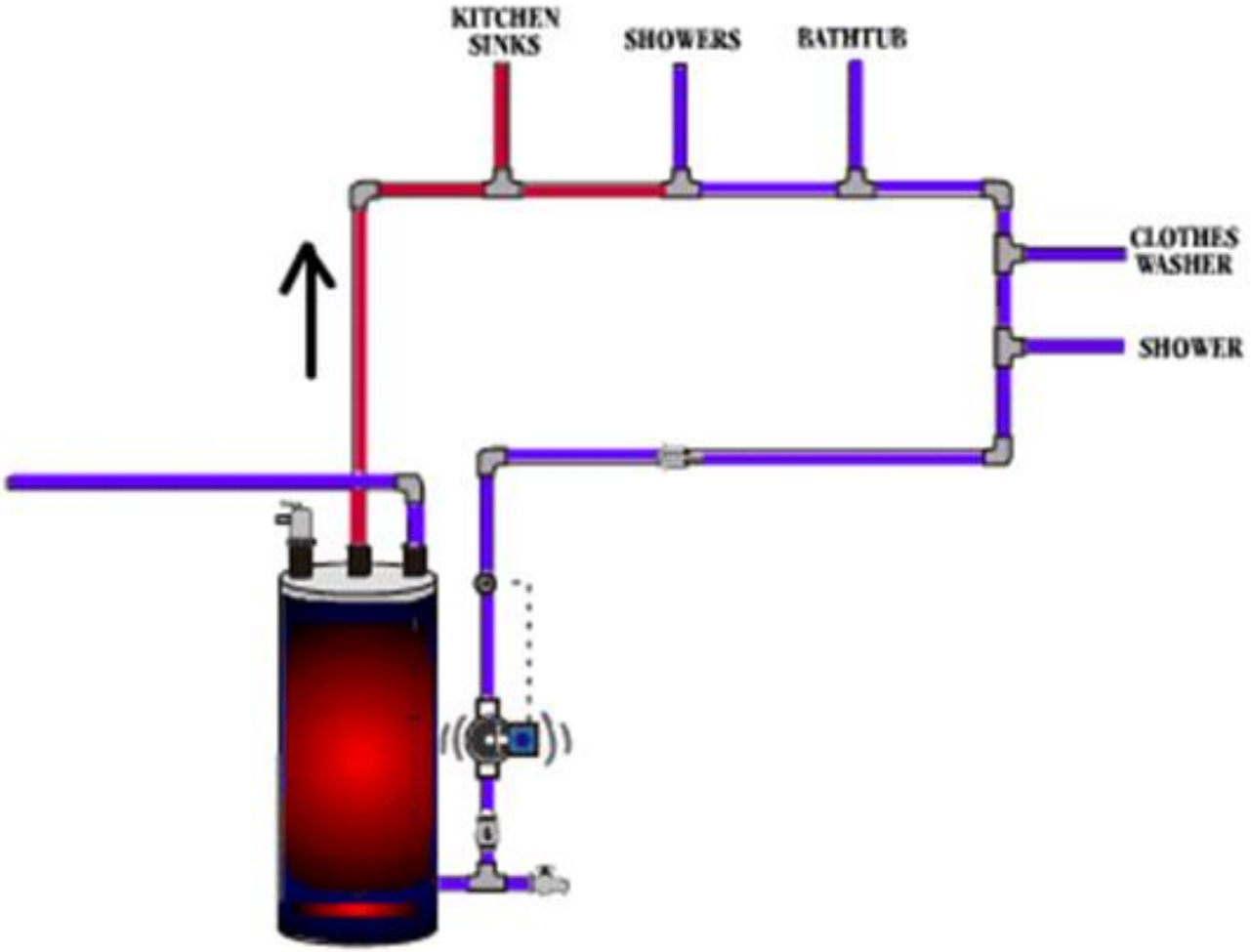


النظام المختلط

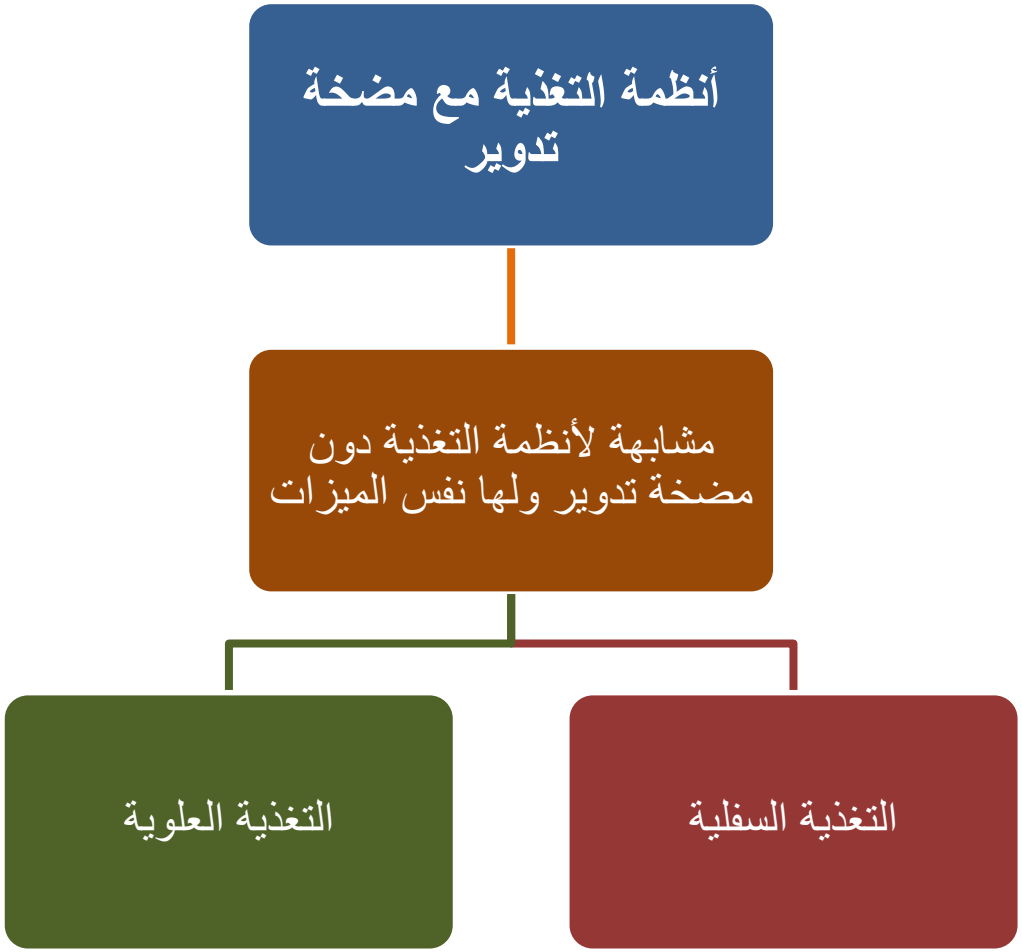
- يجمع بين النظامين السابقين
- توزع المياه من الخطين الصاعد والراجع
- المياه في الخط الصاعد أكثر سخونة منها في الخط الراجع
- أكثر توفيراً في أطوال الأنابيب
- يمكن استخدامه عند عدم توفر المكان الكافي لعدد كبير من الأنابيب

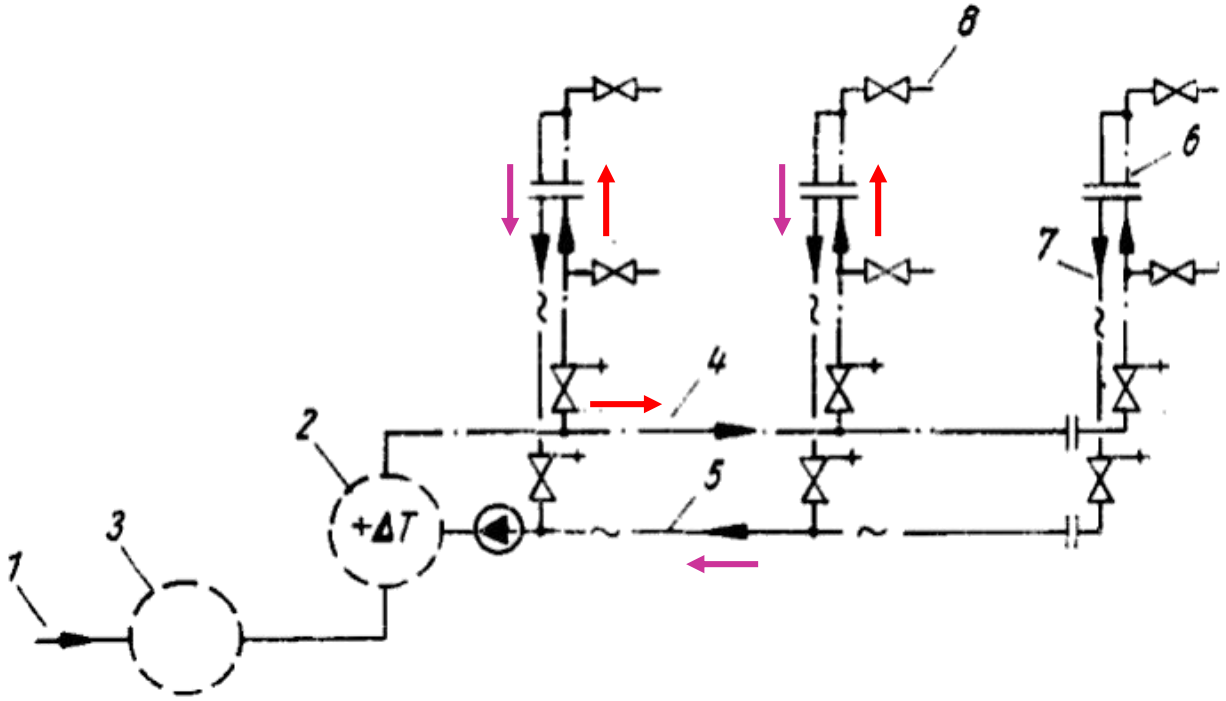
- التغذية مع مضخة تدوير
  - في الشبكات ذات الامتداد الكبير لاتكفي الثقالة وحدها لتدوير المياه
    - لايكفي الضاغط الناتج عن فرق كثافة الماء (بارد-ساخن) للتغلب على الفواقد الهيدروليكية فلا تعود المياه ضمن الراجع
  - يتم الاستعانة بمضخة تدوير
    - تركب على الخط الراجع قبل السخان
    - وظيفتها التغلب على الفواقد الهيدروليكية الناتجة عن تدوير المياه ضمن الشبكة (مياه ساخنة مع رواجع) في حال السكون (عدم وجود استهلاك)
    - تسمح بتدوير المياه الساخنة ضمن الشبكة في حال السكون (لايوجد استهلاك)
    - يحصل المستهلك على مياه ساخنة بمجرد فتح الحنفية
  - الشكل الأكثر انتشاراً لشبكات توزيع المياه الساخنة في الأبنية الكبيرة
    - خصوصاً ذات الاستخدام العام



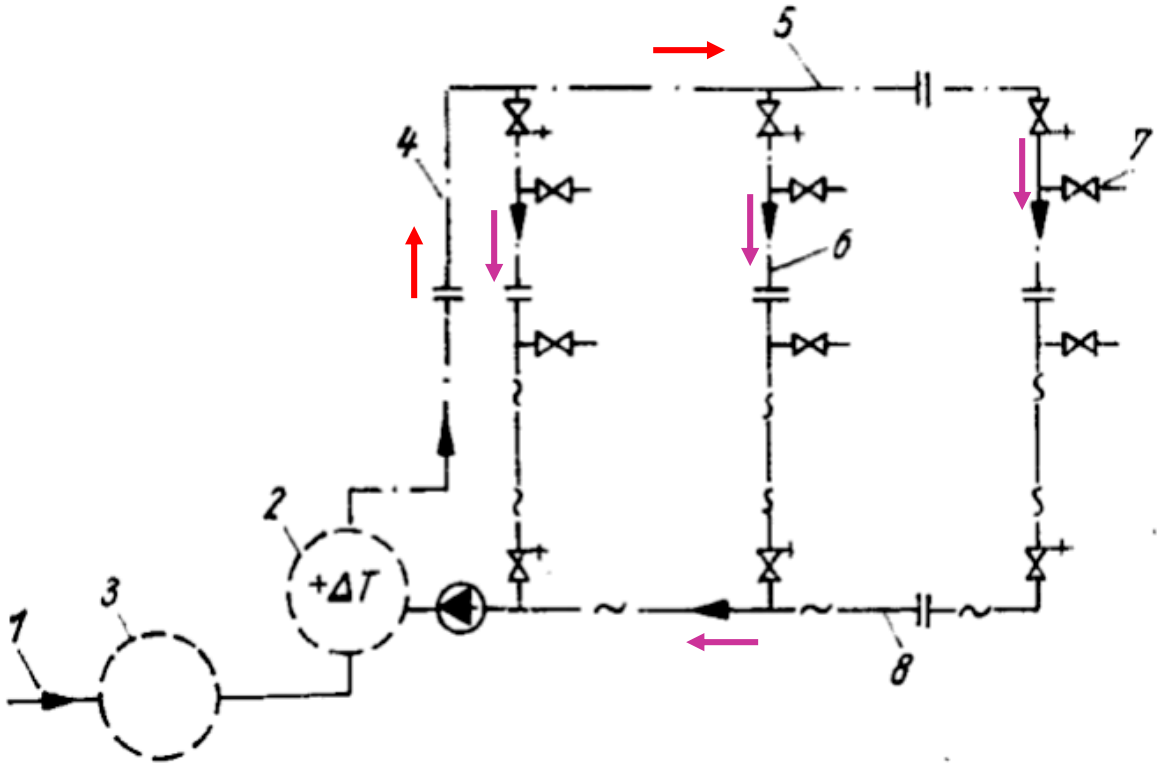

KITCHEN SINKS
SHOWERS
BATHTUB
CLOTHES WASHER
SHOWER

مضخة تدوير

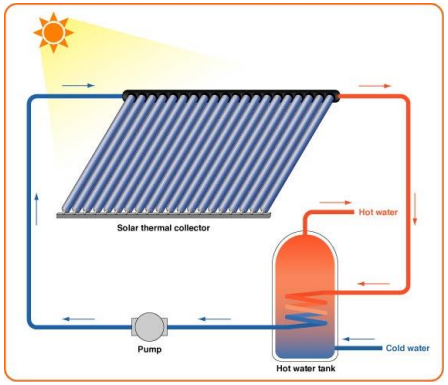

أنظمة التغذية مع مضخة تدوير
مشابهة لأنظمة التغذية دون مضخة تدوير ولها نفس الميزات
التغذية العلوية
التغذية السفلية



نظام التغذية السفلية مع مضخة تدوير

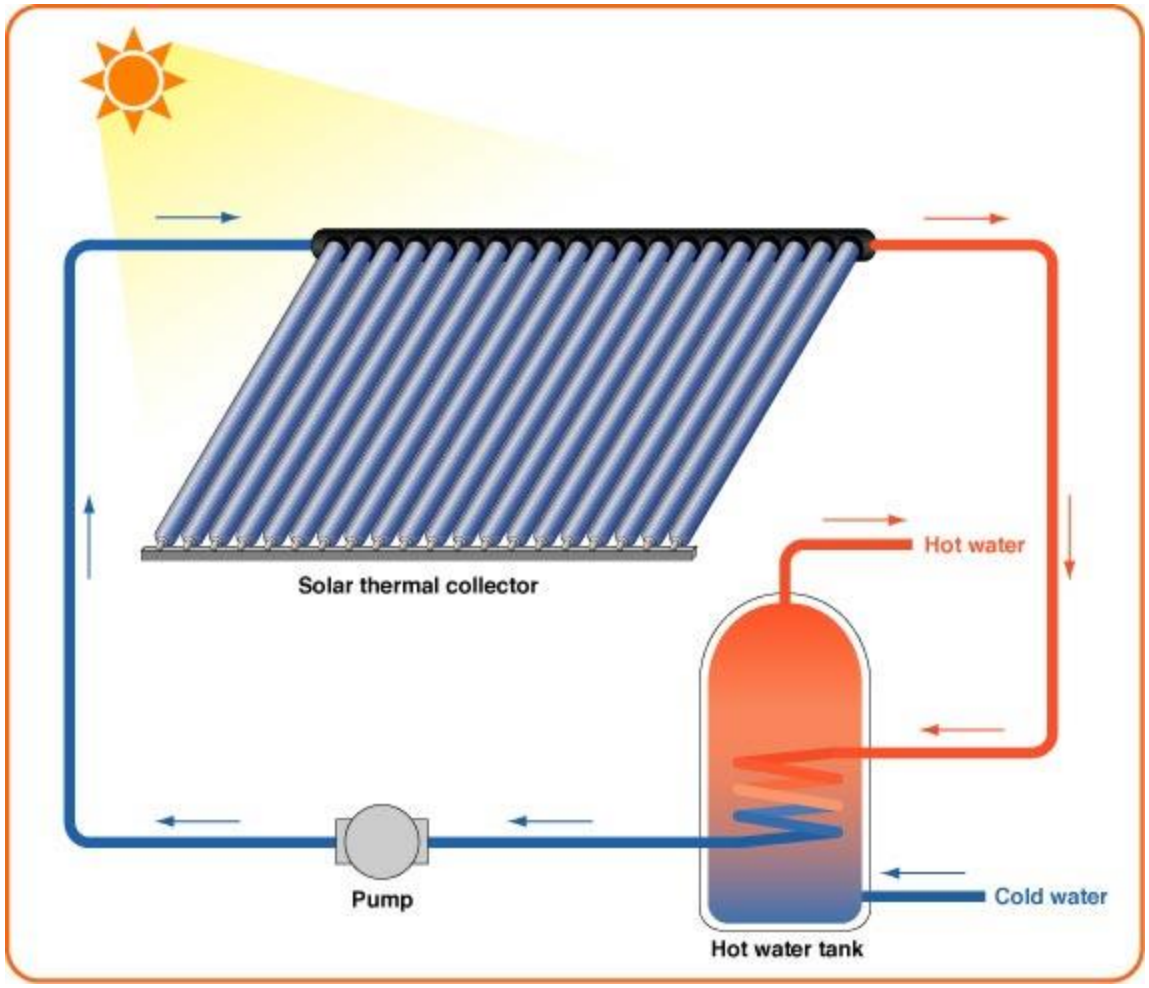


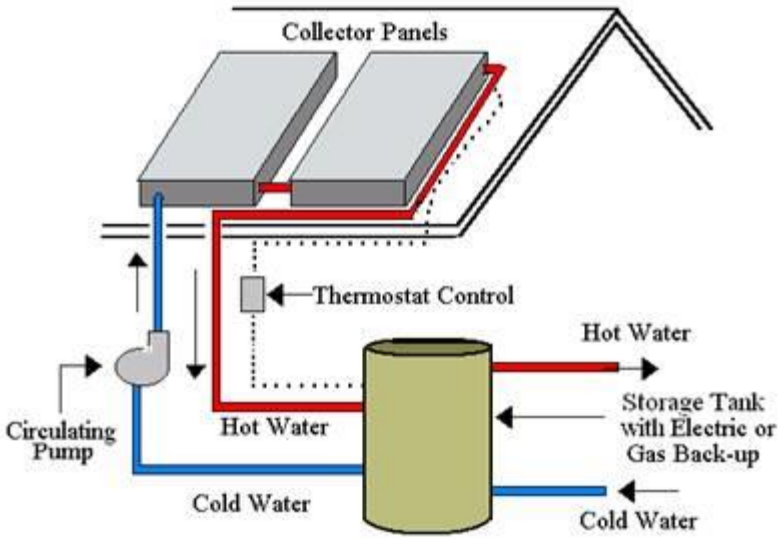
نظام التغذية العلوية مع مضخة تدوير



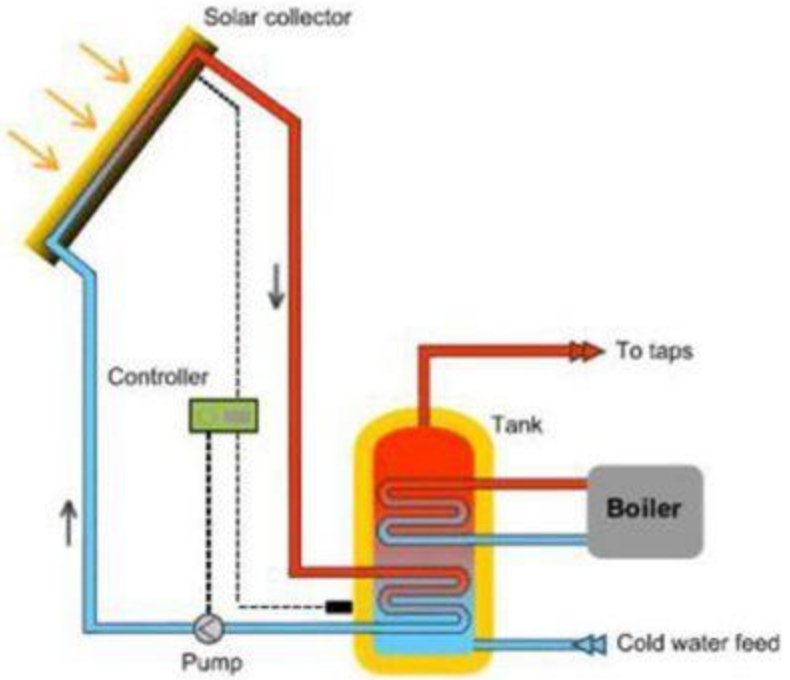
الشبكات ذات التغذية المقلوبة

- يتوضع السخان أعلى شبكة التوزيع
  - لايتوفر مكان كاف لتركيب سخان الماء في قبو المبنى
  - استخدام الطاقة الشمسية في تسخين المياه
- لايمكن الاعتماد على الثقالة الأرضية
- لها شكلان أساسيان
  - الجريان الهابط
  - الجريان الصاعد

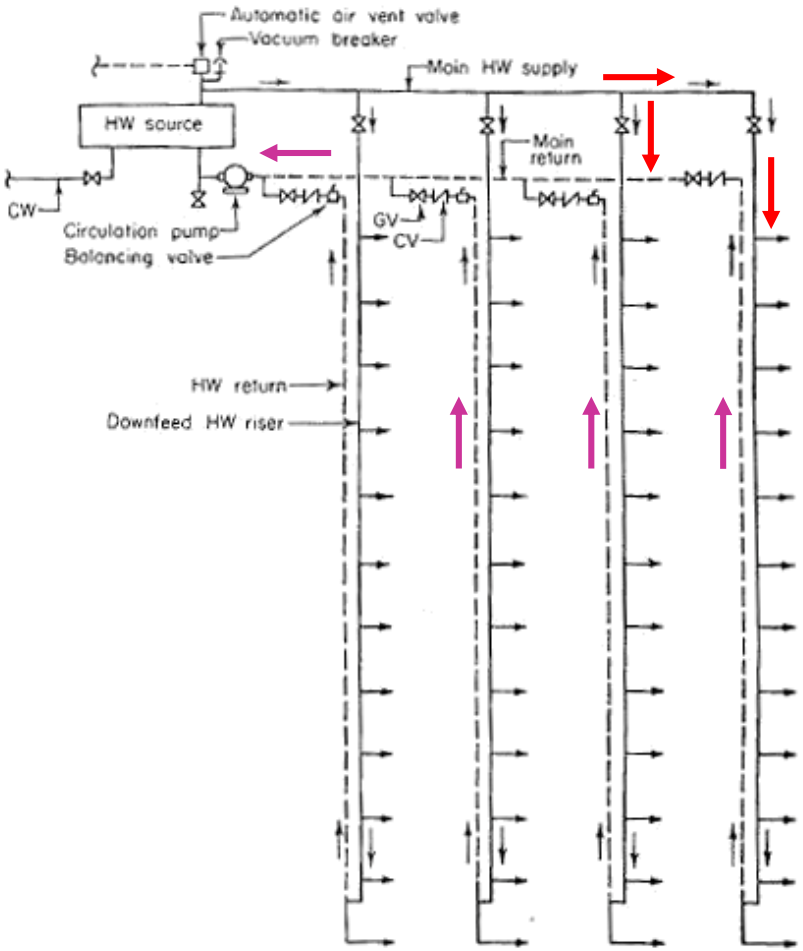

Solar thermal collector
Hot water
Pump
Cold water
Hot water tank



Active Solar Water Heating System



الجريان الهابط



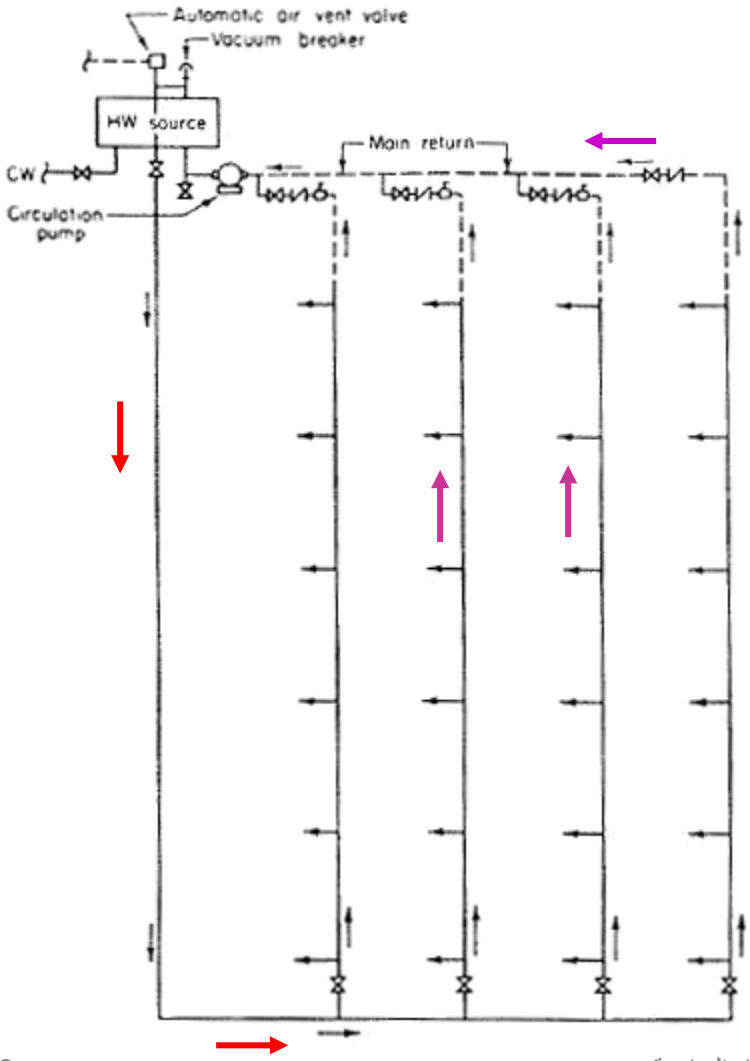
توزع المياه الساخنة على أنابيب التوزيع عبر أنبوب تغذية علوي قادم من السخان

يحتاج إلى مساحات كبيرة لإمرار عدة أنابيب مياه راجعة

فروقات الحرارة ضمنه محدودة

تهبط ضمن أنابيب التوزيع إلى أنابيب الراجع في أسفل المبنى

تصعد ضمن أنابيب الراجع بمساعدة مضخة التدوير



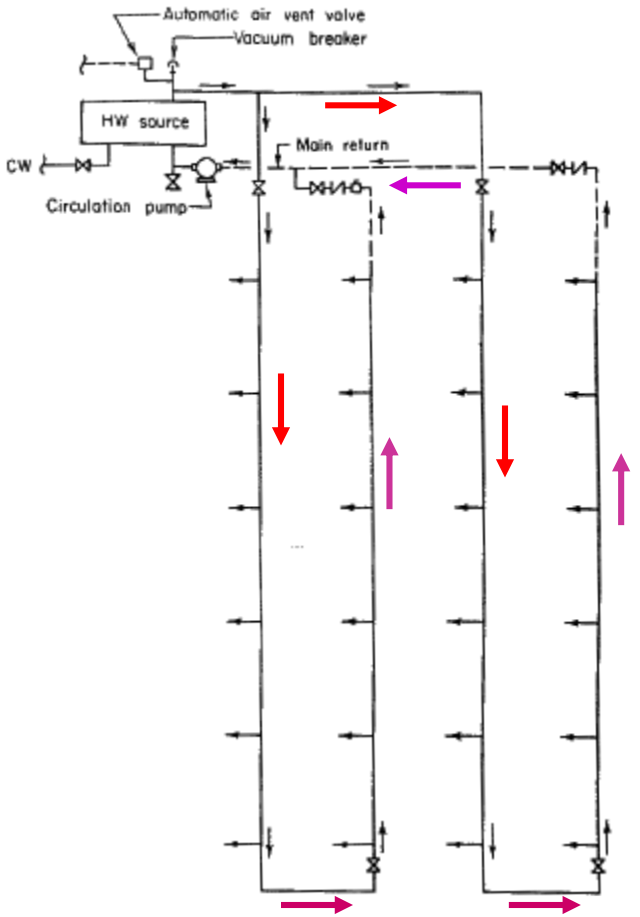
الجريان الصاعد

تنزل المياه من السخان ضمن أنبوب تغذية إلى أسفل البناء

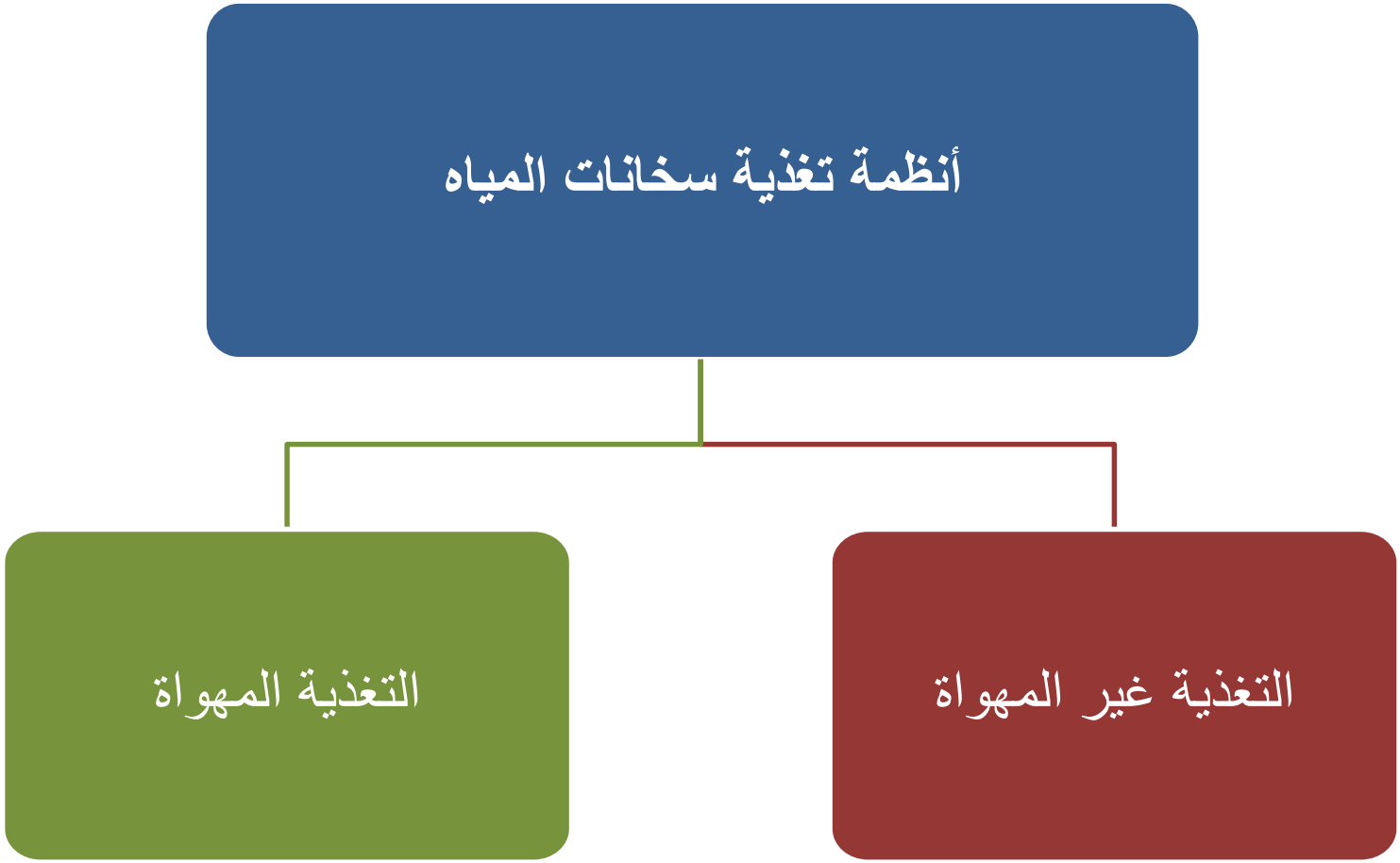
- تتوزع مآخذ المياه الساخنة على أنابيب الصواعد (الرواجع)
- تتجمع الصواعد ضمن أنبوب الراجع وتعود إلى السخان بمساعدة مضخة التدوير

مقارنة بالنظام الهابط

- يحتاج إلى مساحات أقل
- الفروقات الحرارية أكبر

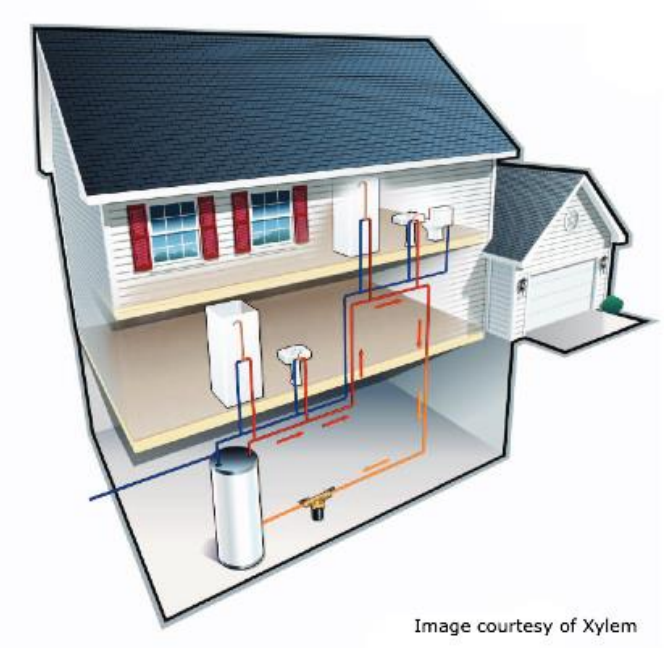


نظام التغذية المقلوبة المختلط


أنظمة تغذية سخانات المياه
التغذية المهواة
التغذية غير المهواة

التغذية غير المهواة unvented system

- يتم تغذية السخان بالمياه الباردة مباشرة من أنبوب التوزيع الرئيس (المتصل مع شبكة المياه الرئيسة مباشرة) دون وجود خزان للمياه الباردة ضمن المبنى



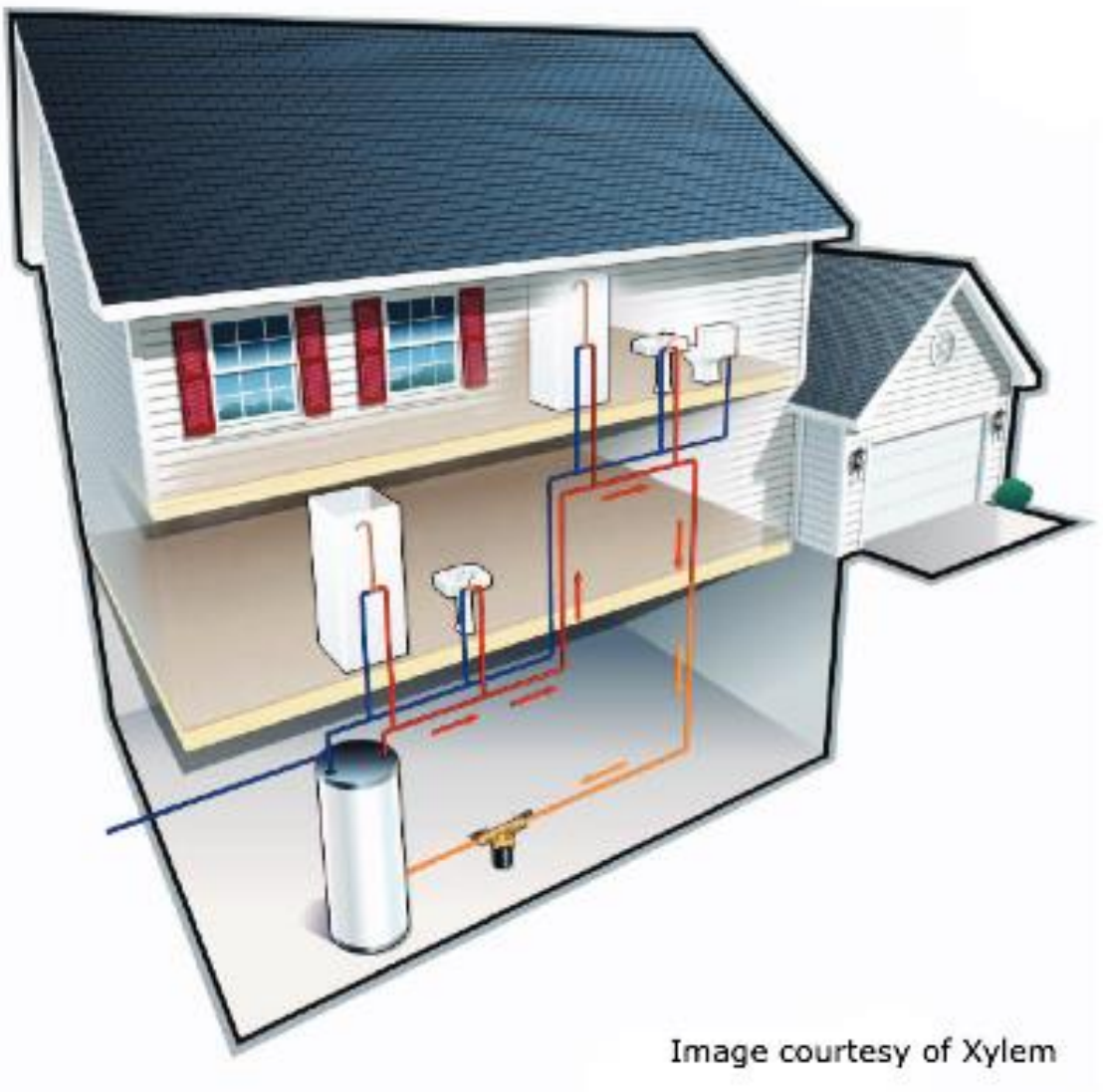
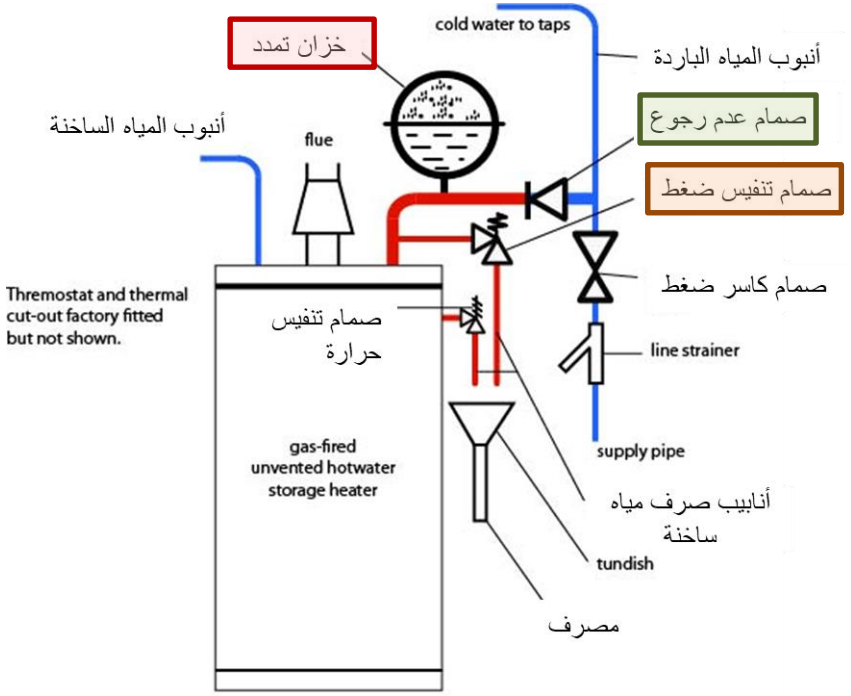
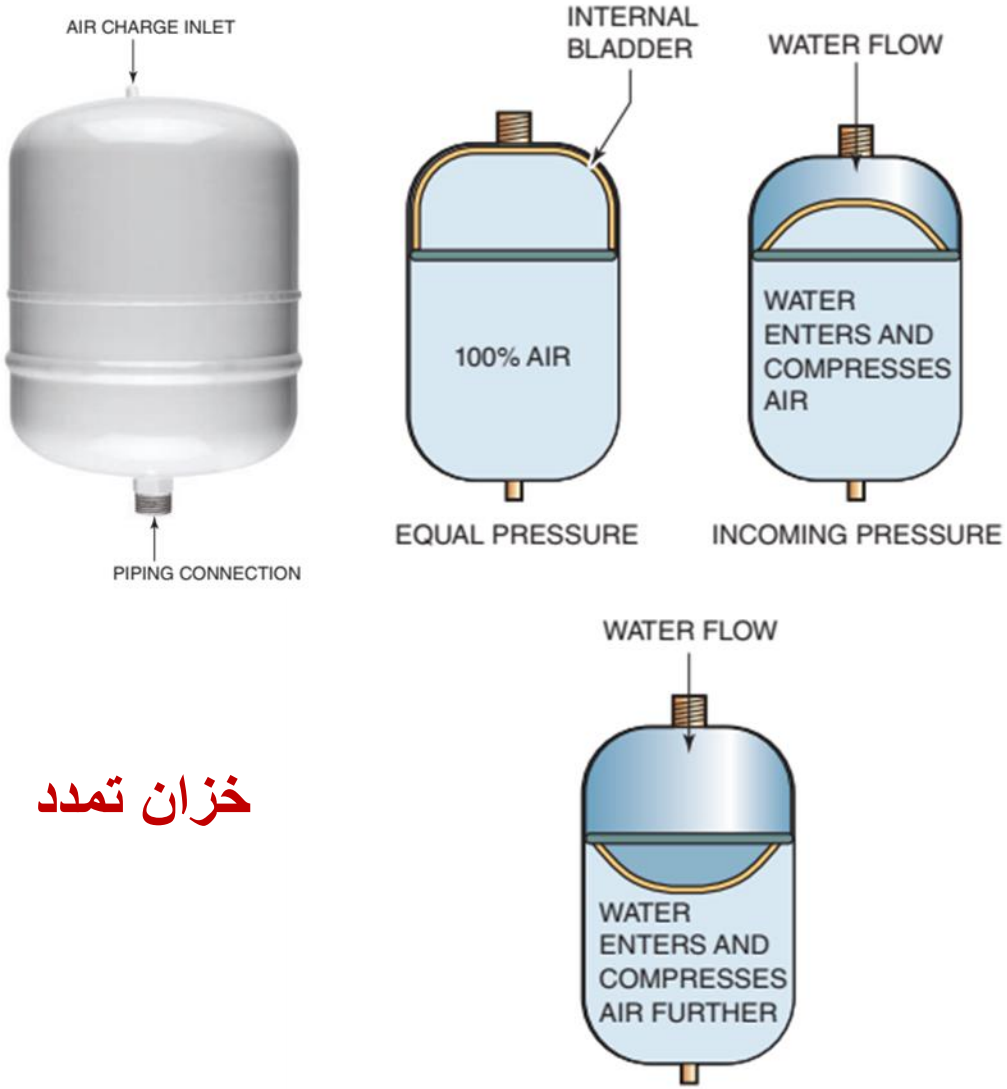


Image courtesy of Xylem



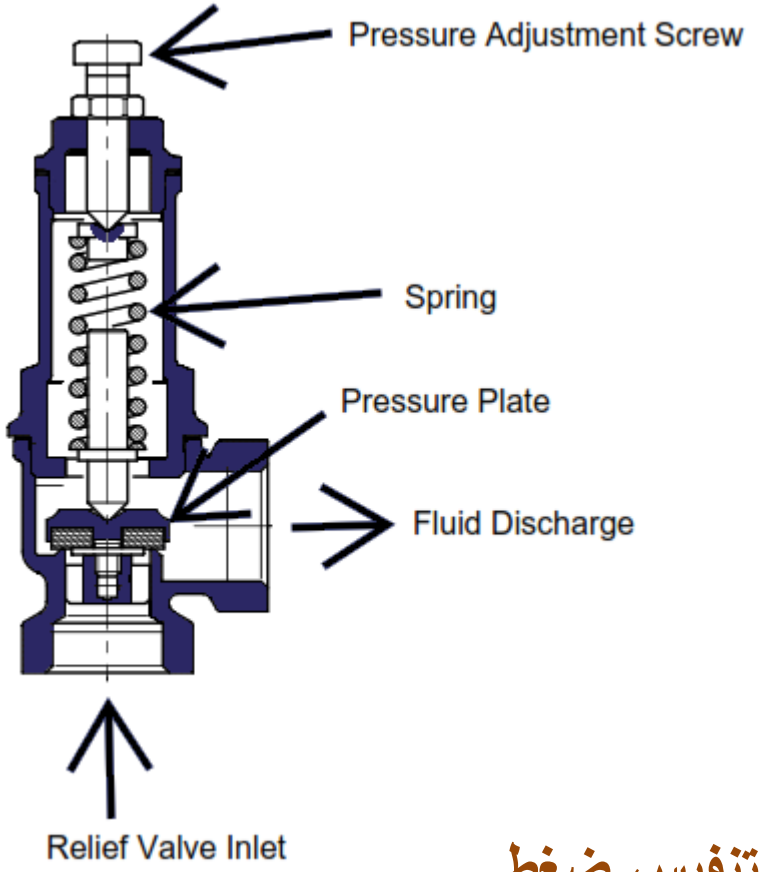
- يجب أن يزود الخزان بالملحقات التالية:

1. **خزان تمدد Expansion vessel**
   يسمح بتمدد وتقلص المياه عند تغير درجة حرارتها ضمن سخان المياه (خزان مغلق على الأغلب مزود بفجوة هوائية مضغوطة)
2. **صمام عدم رجوع check-valve**
   يركب على مدخل المياه لمنع رجوع المياه الساخنة في شبكة المياه الباردة عند ارتفاع الضغط ضمن السخان
3. **صمام تنفيس ضغط Pressure relief valve**
   يسمح بخروج المياه إذا توقف خزان التمدد عن العمل لأي سبب لمنع زيادة الضغط ضمن السخان عن حد معين

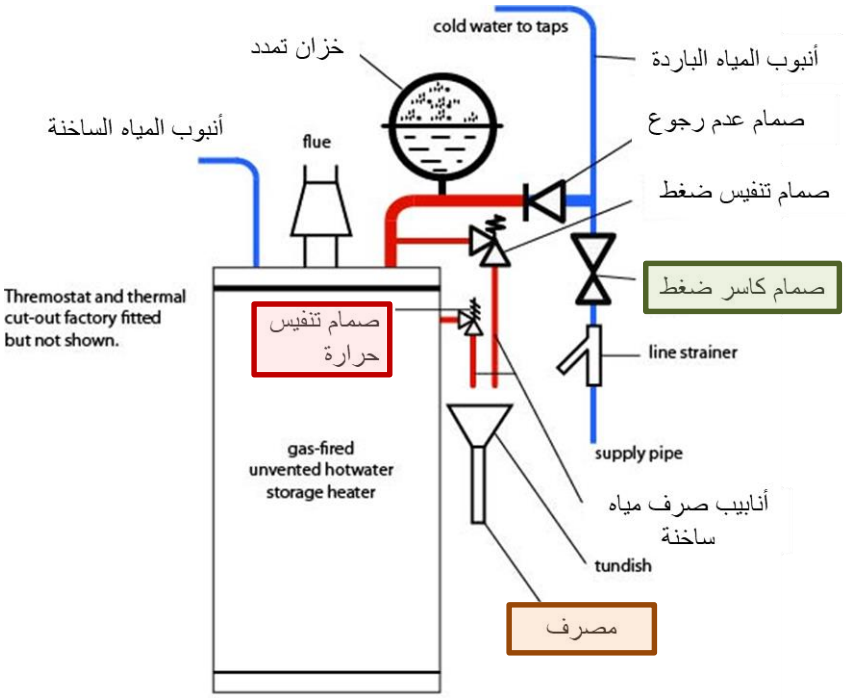

AIR CHARGE INLET
PIPING CONNECTION
INTERNAL BLADDER
100% AIR
EQUAL PRESSURE
WATER FLOW
WATER ENTERS AND COMPRESSES AIR
INCOMING PRESSURE
WATER FLOW
WATER ENTERS AND COMPRESSES AIR FURTHER

خزان تمدد

صمام عدم رجوع



صمام تنفيس ضغط



4. **صمام تنفيس حرارة Temperature relief valve** يسمح بخروج المياه الساخنة من الخزان إذا زادت حرارتها عن 95°C وتعوض بمياه باردة حتى تعود الحرارة إلى الحدود الطبيعية (بحدود 90°C)
5. **صمام كاسر ضغط pressure-reducing valve** يركب على مدخل المياه لتخفيض ضغط المياه في خط التغذية بالمياه الباردة إذا كان ضغط شبكة المياه مرتفعاً (< 4.0 bar)
6. **مصرف** لجمع وصرف المياه الناتجة عن صمامي تنفيس الضغط والحرارة (الفقرتين 3 و4)

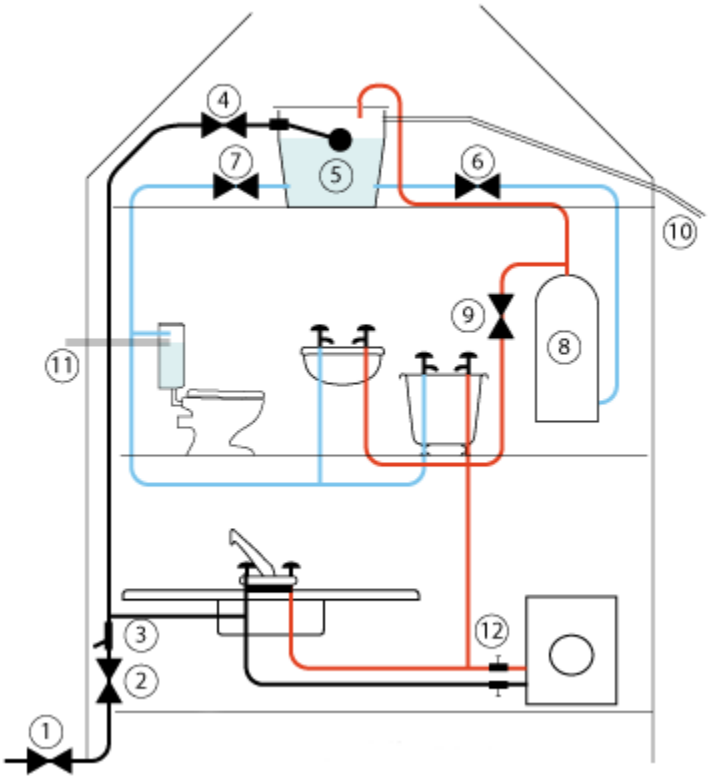
صمام كاسر ضغط

صمام تنفيس حرارة وضغط

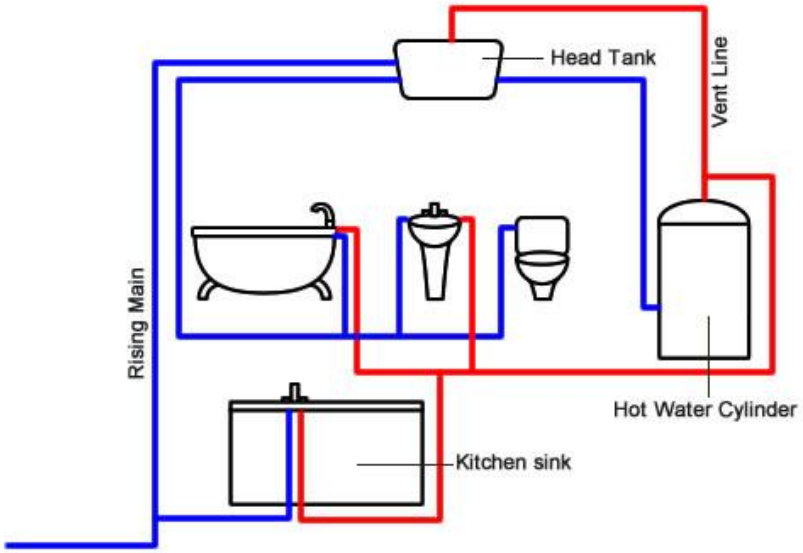
- ميزات النظام:

1. الاستفادة من ضغط الشبكة الرئيسة في تغذية التجهيزات بالمياه الساخنة بضغط كاف
2. الحصول على ضغط مياه مرتفع عند مخرج السخان
3. في المياه العسرة قد تتشكل قشور كلسية حول صمامي تنفيس الضغط والحرارة مما يعيق عملهما وقد يؤدي إلى انفجار السخان
4. يجب أن يكون قطر أنبوب التوزيع الرئيس كبيراً كفاية بشكل يسمح بتغذية عدد من التجهيزات الصحية بالمياه الباردة والساخنة في نفس الوقت

Vented system التغذية المهواة



- النظام الأكثر انتشاراً
- يتم تغذية السخان بالمياه الباردة عن طريق خزان المياه الباردة المغذي للمبنى (تغذية غير مباشرة)
  - يوصل السخان إلى خزان المياه بأنبوب تغذية
    - منفصل لايتصل بأي أنبوب توزيع مياه باردة لمنع رجوع المياه الساخنة ضمن شبكة المياه الباردة
    - أو يزود مدخل المياه الباردة بصمام عدم رجوع إن كان يزود أجهزة أخرى بالمياه الباردة



- يفضل أن يزود السخان بأنبوب تمدد يصل إلى سطح خزان المياه الباردة بحيث تصب المياه الفائضة الناتجة عن التمدد فيه
- النظام أبسط من النظام السابق
- سيئة النظام ارتباط ضغط المياه عند مخرج السخان بارتفاع خزان المياه الباردة

حساب استهلاك المياه الساخنة

- تختلف كمية المياه المستخدمة حسب المستخدم
  - كمية المياه المستهلكة عند استخدام الدوش لمدة 3 دقائق أقل بكثير من الكمية المستهلكة عند استخدامه لمدة 15 دقيقة
  - الكمية التي يؤمنها الدوش خلال واحدة الزمن مقاسة *l/min* هي نفسها في الحالين
- يعطي الجدول التالي كمية المياه الساخنة المستهلكة للأغراض المختلفة في المنزل

الجهاز	كمية المياه الساخنة (l/min)	مدة الاستخدام (min)
خلاط مغسلة	4	1
خلاط ¾”	18	-
خلاط مجلى (منزلي)	5	10
خلاط مجلى (خدمة)	5	3
خلاط بانيو	9	امتلاء البانيو
خلاط دوش	9	15

استهلاك المياه الساخنة للأغراض المنزلية المختلفة

- الاستهلاك المنزلي:

– يمكن اعتبار كمية المياه الساخنة المستخدمة بتقريب معقول 1/3 كمية الاستهلاك اليومي للفرد

- إذا اعتبرنا أن استهلاك الفرد 125 l/p/d فإن كمية المياه الساخنة بحدود q_r=40(l/p/d) بحرارة 60°C

– حالة التوزيع المباشر:

- يلزم في المنازل سخان مياه بسعة بحدود:

$$5P \times 40\, l/P = 200\, l$$

– متوسط عدد أفراد الأسرة 5 أفراد

– حرارة المياه في السخان 60°C

كمية المياه الساخنة اللازمة في أبنية باستخدامات مختلفة

- يمكن حساب غزارة المياه الساخنة التي يجب أن يؤمنها السخان (توزيع مباشر) وحجم خزان المياه الساخنة (توزيع غير مباشر) اللازمين حسب عدد ونوع الأجهزة الصحية واستخدامات المبنى من الجدول التالي
- يجب أن لاتقل غزارة التغذية عن الغزارة اللازمة لأكبر جهاز منفرد موجود على الشبكة

احتياج المياه الساخنة حسب نوع الجهاز الصحي واستخدام المبنى
ليتر مياه بالساعة (l/h) لكل جهاز، حرارة المياه 60°C

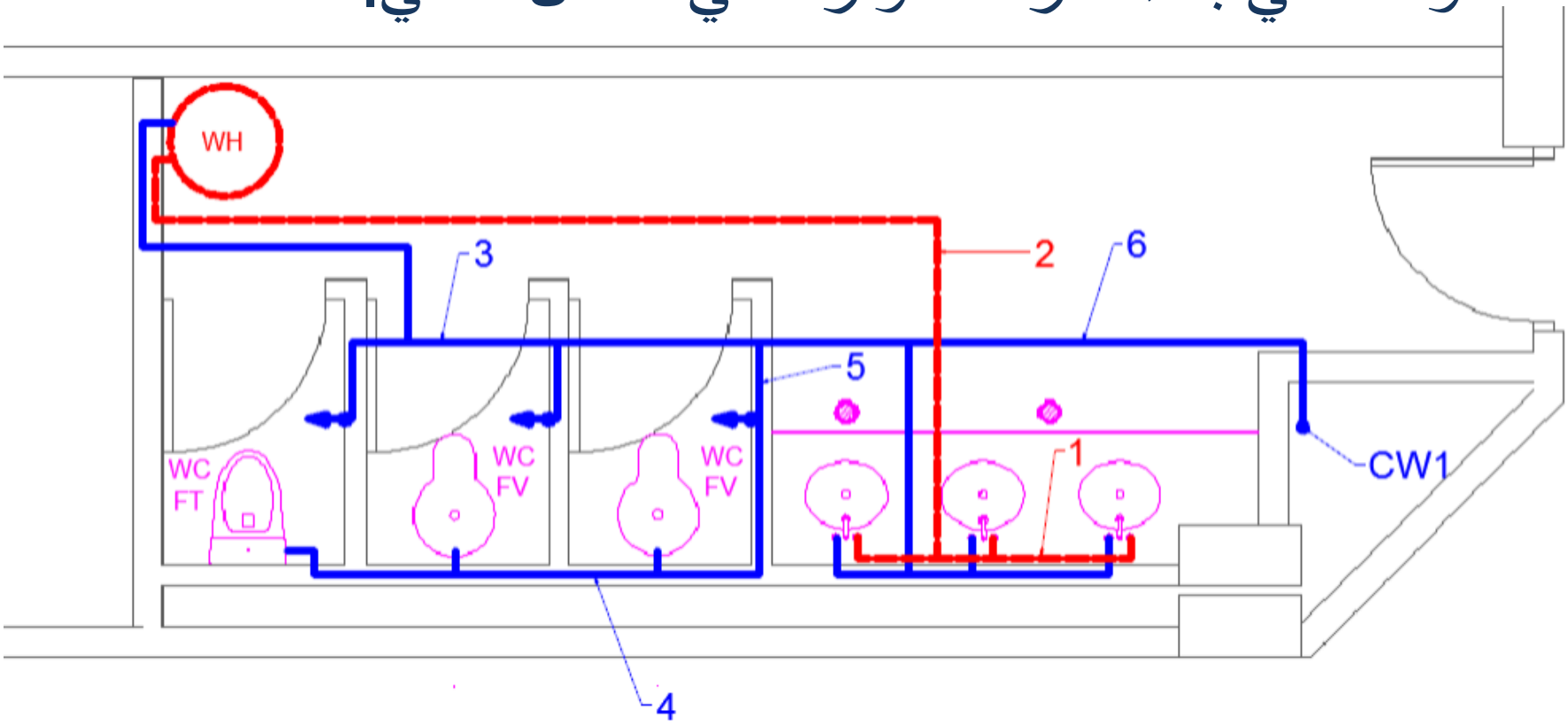
رقم	الجهاز الصحي	سكن طلاب	مدرسة	بيت سكني	مبنى مكاتب	منشأة صناعية	فندق	مشفى	ملعب رياضي	نادي	فندق شقق
1	مغسلة (خاص)، بيديه	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
2	مغسلة (عام)	30	57	—	23	45.5	30	23	30	23	15
3	باتيو	114	-	76	—	-	76	76	114	76	7.6
4	جلاية	76-380	76-380	57	-	76-380	190-760	190-570	-	190-570	57
5	غسيل أرجل	46	11	1 1	-	46	11	11	46	11	11
6	مجلى مطبخ	76	76	38	76	76	114	76	-	76	38
7	غسالة، حوض غسيل	106	-	76	-	-	106	106	—	106	76
8	مجلى بوفيه	38	38	19	38	—	38	38	—	38	19
9	دوش	850	850	114	114	850	284	284	850	568	114
10	مجلى خدمة	76	76	57	76	76	114	76	-	76	76
11	معامل الاستهلاك	0.40	0.40	0.30	0.30	0.40	0.25	0.25	0.40	0.30	0.30
12	معامل حجم السخان	1.00	1.00	0.70	2.00	1.00	0.80	0.60	1.00	0.90	1.25

مثال-1

- يطلب حساب غزارة المياه الساخنة الواجب أن يؤمنها السخان (توزيع مباشر)، وحجم خزان المياه الساخنة (توزيع غير مباشر) اللازمة لمبنى مشفى يحوي التجهيزات الصحية التالية:
  - 100 مغسلة خاصة ضمن الغرف
  - 20 مغسلة ضمن الحمامات العامة في الطوابق
  - 60 دوش
  - 40 حوض بانيو
  - 10 مجالي خدمة
  - 6 مجالي مطبخ

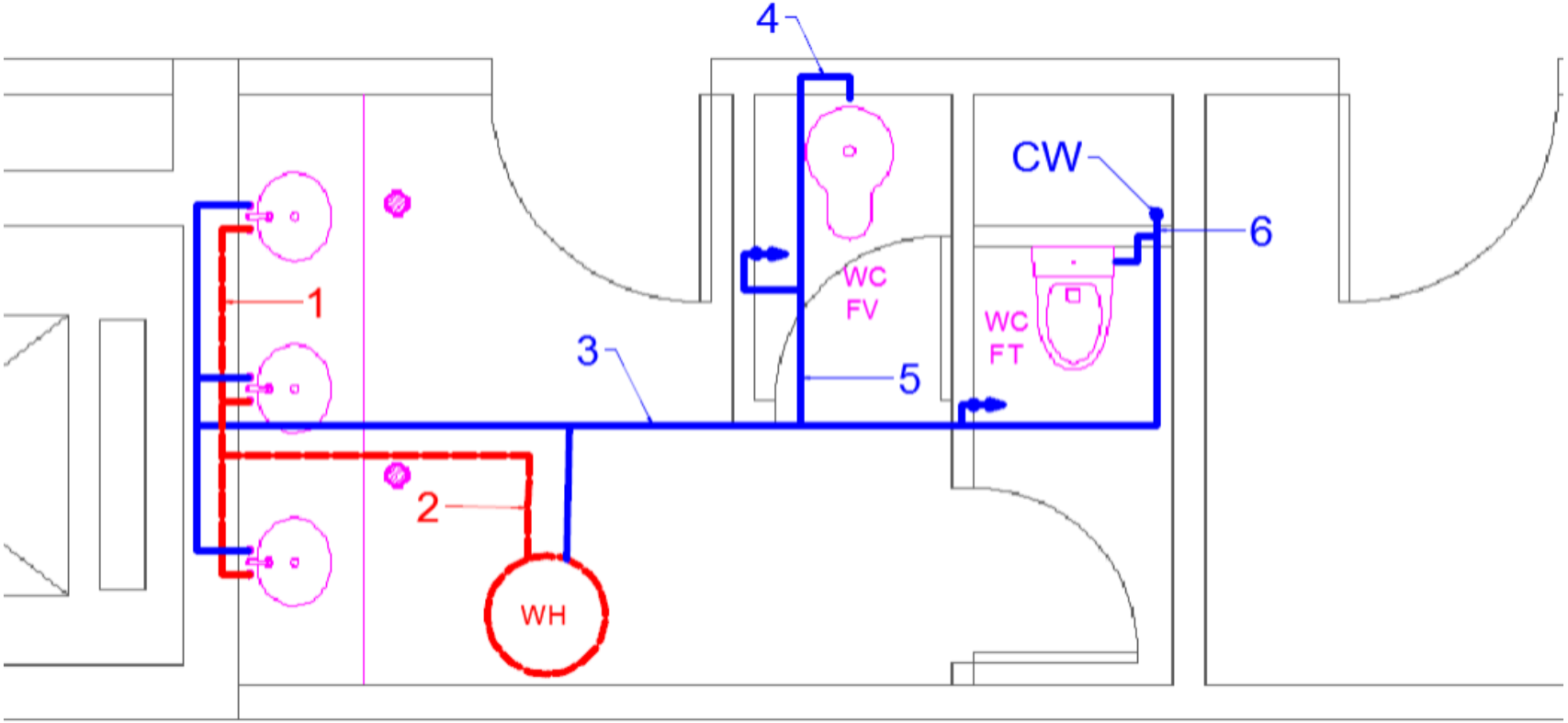
مثال-2

- يطلب حساب حجم سخان المياه لغرف الخدمات الصحية الواقعة في بناء مدرسة الواردة في الشكل التالي.



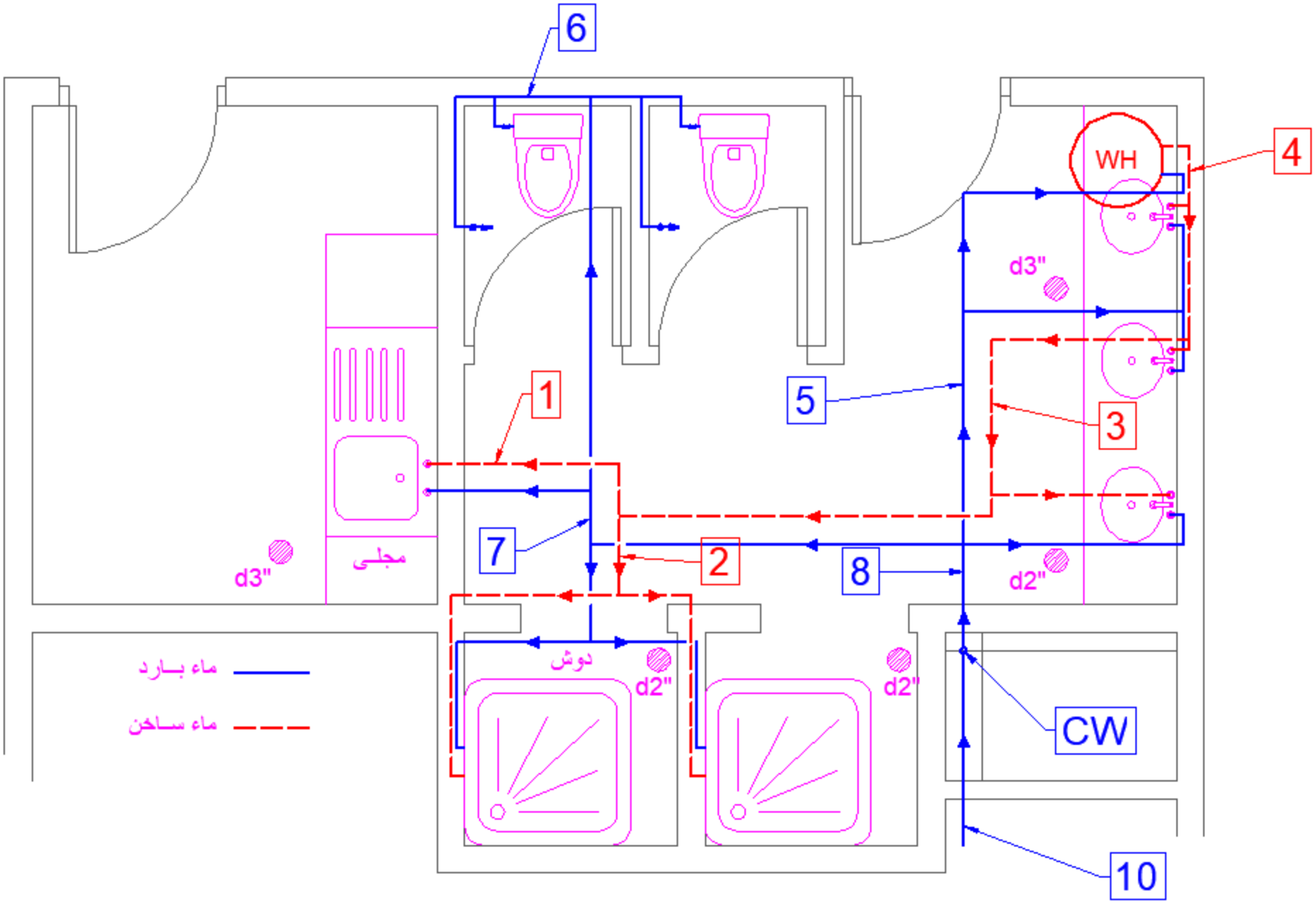
مثال-3

- يطلب حساب حجم سخان المياه لغرفة الخدمات الصحية الواقعة في مبنى إداري والواردة في الشكل التالي.



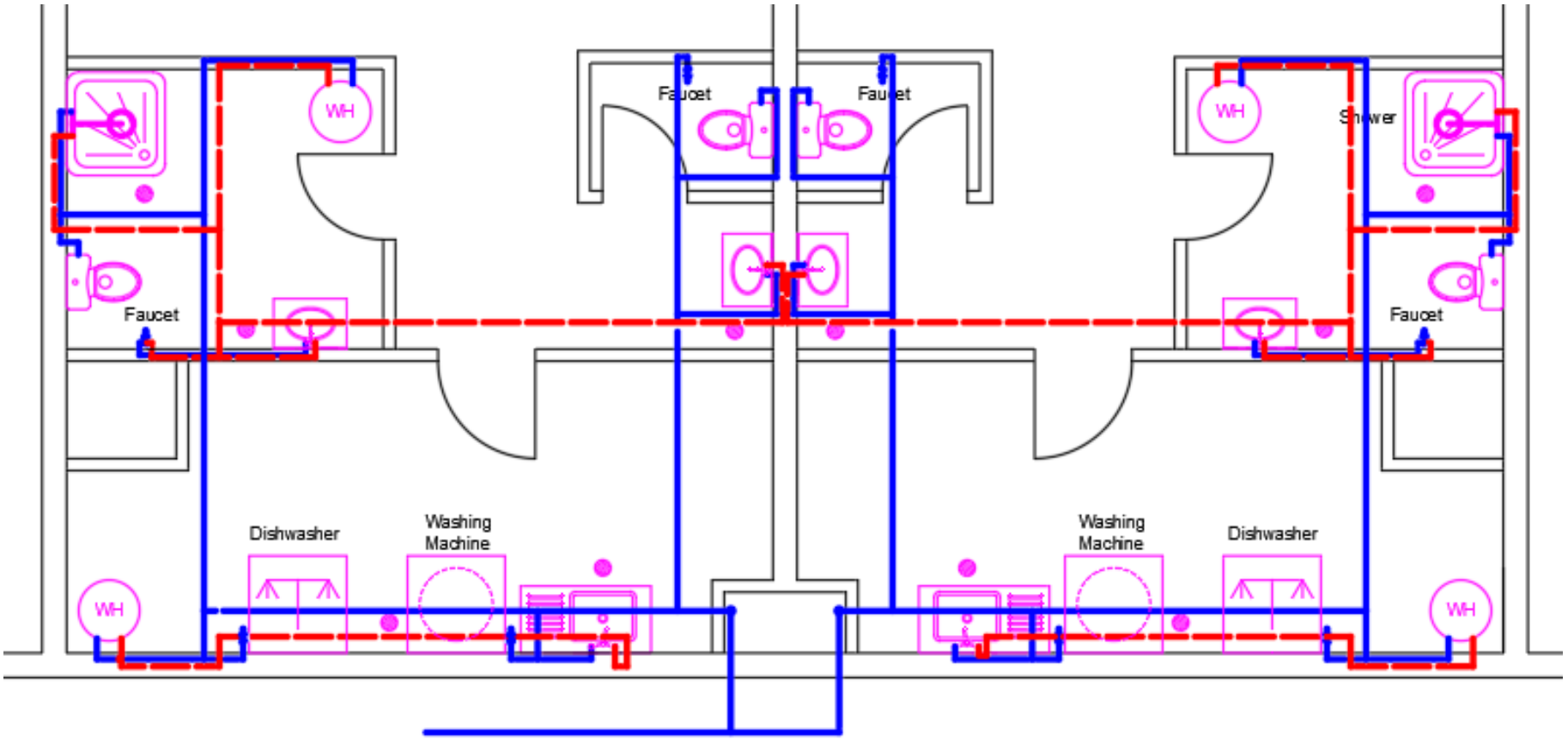
مثال-4

- يطلب حساب حجم سخان المياه لدورة المياه الواقعة في مشفى والواردة في الشكل التالي.


6
4
WH
d3"
5
1
3
مجلى
d3"
7
2
8
d2"
دوش
d2"
d2"
ماء بـارد
ماء سـاخن
CW
10

مثال-5

- يطلب حساب حجم سخاني المياه لغرف الخدمات الصحية للشقة السكنية الواردة في الشكل التالي.


WH
Faucet
Faucet
Faucet
WH
Shower
Faucet
Dishwasher
Washing Machine
Washing Machine
Dishwasher
WH
WH

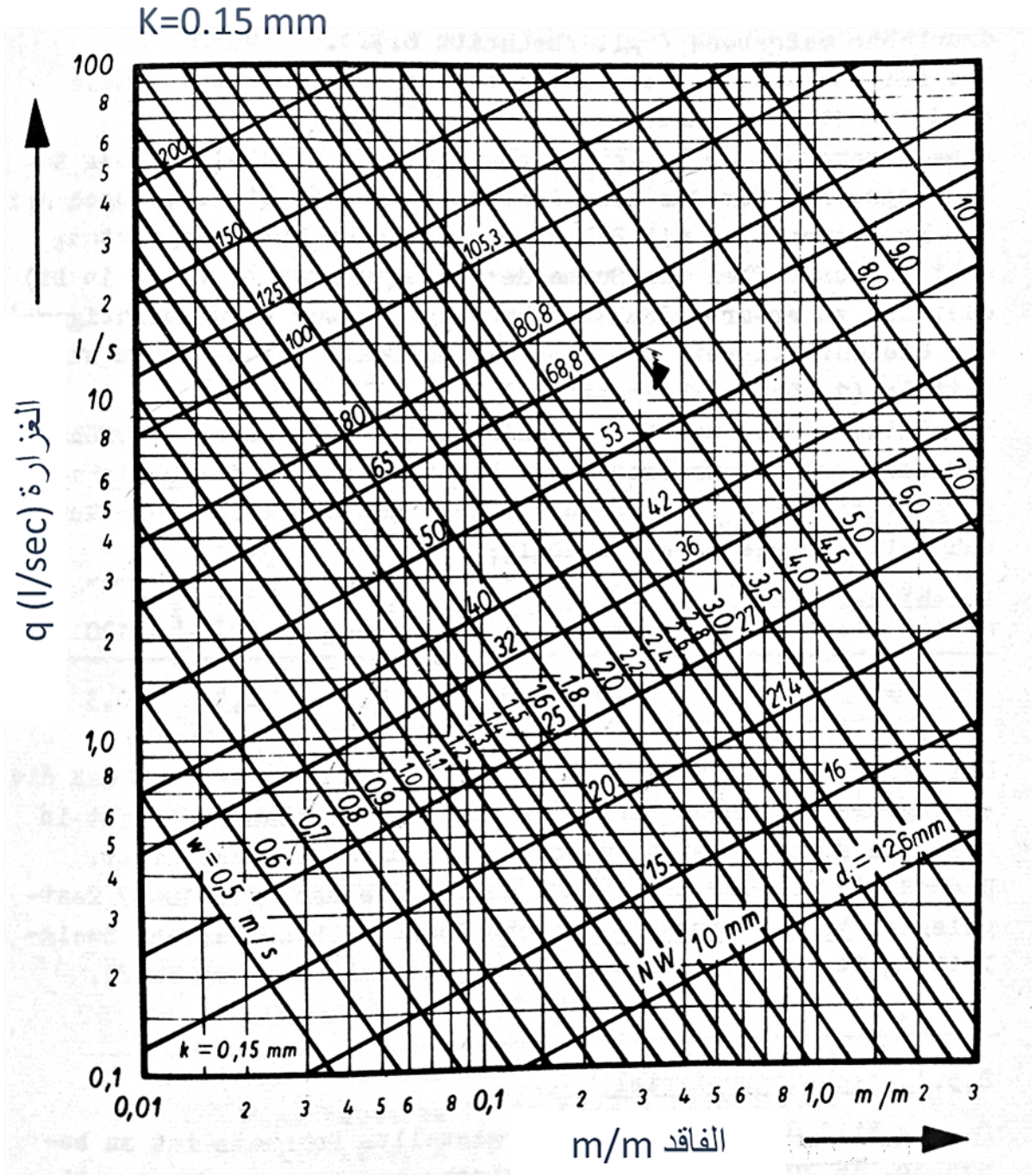
حساب قطر الأنبوب الراجع

- يحسب قطر الأنبوب الراجع اعتماداً على قطر أنبوب التغذية بالمياه الساخنة (الصاعد) من الجدول التالي:

قطر أنبوب التغذية بالمياه الساخنة (mm)	قطر أنبوب راجع المياه الساخنة (mm)
20-32	15
40	20
50	25
65	25
80	25
100	32

حساب مضخة التدوير

1. تحسب كمية المياه الموجودة ضمن شبكة المياه الساخنة بما فيها أنابيب التدوير وهي كمية المياه الواجب تدويرها
2. تحسب الغزارة الناتجة عن تدوير كمية المياه المحسوبة 3-4 مرات في الساعة ضمن الشبكة وهي غزارة مضخة التدوير
3. تحسب الفواقد (المحلية والطولية) الناتجة عن تمرير الغزارة المحسوبة ضمن خط المياه الساخنة على المسار الواصل من سخان المياه حتى أبعد جهاز صحي على الشبكة الساخنة مع أنبوب الراجع الواصل إليه وهو ضاغط المضخة.



العلاقة بين الغزارة والفاقد والقطر لأنابيب الفولاذ المزيبق